Sieber (F. W.)

Diss. Würzburg: 1912

ÜBER DIE PHYSIOLOGISCHE ROLLE VON KALK, MAGNESIA UND PHOSPHORSÄURE IM KAMBIUM.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

KÖNIGL. BAYER. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

VORGELEGT AM 19. FEBRUAR 1912 VON

FRANZ WILHELM SIEBER

AUS BONN,

ASSISTENT AM BOTANISCHEN INSTITUT DER KGL. UNIVERSITÄT WÜRZBURG.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

WÜRZBURG.

VERLAG VON CURT KABITZSCH.

1912.

Gedruckt mit Genehmigung der philosophischen Fakultät der Kgl. Universität Würzburg.

Referent: Geh. Hofrat Prof. Dr. **Gregor Kraus.**

Meinem hochverehrten Lehrer

Herrn Geheimen Hofrat

Prof. Dr. Gregor Kraus

in aufrichtiger Dankbarkeit gewidmet.

Auf Anregung des Herrn Geheimen Hofrates Prof. Dr. *Gregor Kraus* wurde vorliegende Arbeit im botanischen Institut der Universität Würzburg ausgeführt.

Ich habe ganz besonderen Anlass meinem hochverehrten Lehrer für das rege Interesse, das er meinen Arbeiten entgegenbrachte, für die ständige Hilfbereitschaft, besonders bei Beschaffung der Literatur, die mir zum grossen Teil aus seiner Privat-Bibliothek zur Verfügung gestellt wurde, meinen innigsten Dank auszusprechen.

Die chemischen Analysen wurden in einem für Studierende neu eingerichteten physiologisch-chemischen Laboratorium des botanischen Instituts vorgenommen.

Bei der Einrichtung dieses Laboratoriums fand ich seitens meines Chefs grosse Liberalität in Berücksichtigung meiner Vorschläge bei der Herstellung der Anlagen und denkbar grösstes Entgegenkommen in der Beschaffung der notwendigen Utensilien.

Waren diese Vorarbeiten auch sehr zeitraubend, so wurde doch die Mühe aufgewogen durch die Annehmlichkeiten einer neuen, bequemen, meinen Arbeiten angepassten Einrichtung.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549805_0214

Über die physiologische Rolle von Kalk, Magnesia und Phosphorsäure im Kambium.

Von

Franz Wilhelm Sieber.

I. Historische Einleitung über die Bedeutung von Kalk und Magnesia.

Théod. de Saussure, der in seinem Werk: Recherches chimiques sur la Végétation[1]) den Grund für die Ernährungslehre der Pflanzen legte, war der Erste, der die Aschenbestandteile als Bausteine für den Pflanzenorganismus erkannte. Er widersprach[2]) der Auffassung verschiedener Schriftsteller, dass die mineralischen Substanzen, welche man in den Vegetabilien findet, dort nur zufällig vorhanden und keineswegs für die Existenz notwendig seien, weil die Pflanzen selbige nur in äusserst geringer Menge enthielten. Davon ausgehend, dass der phosphorsaure Kalk für den Aufbau der Knochen durchaus nötig sei, wiewohl er nicht einmal den fünfhundertsten Teil des Gewichtes der Tiere ausmache, untersuchte er auch Pflanzen auf diesen Mineralstoff und fand ihn in allen Pflanzenaschen. Deshalb liege kein Grund vor zu behaupten, dass die Pflanze ohne phosphorsauren Kalk existieren könne.

Weiterhin[3]) stellte dann *de Saussure* fest, dass die phosphorsauren Erden nach den alkalischen Salzen die reichlichsten Bestandteile der Asche grüner krautiger Gewächse sind, deren sämtliche Teile sich im lebenden und wachsenden Zustand befinden. Das Blatt eines

[1]) *De Saussure, Théod.*, Recherches chimiques sur la Végétation. A Paris, 1804. Chez la Vve Nyon, Libraire.

[2]) *De Saussure, Théod.*, l. c. § IV. Considérations sur les substances salines ou minérales, qui entrent dans la composition des végétaux. p. 261.

[3]) *De Saussure*, l. c. § V. Des phosphates terreux dans les cendres. p. 292/293.

Baumes enthalte, wenn es aus der Knospe hervorbricht, eine an phosphorsauren Erden reichere Asche als in irgend einem späteren Lebensabschnitt. Die Asche des Splintes enthalte mehr phosphorsaure Erde als diejenige des Holzes oder der Rinde. Da man zur damaligen Zeit den heutigen Begriff von Kambium noch nicht kannte, so ist anzunehmen, dass seine Splintasche auch die Kambiumasche einschloss.

Nach *de Saussure*'s Untersuchungsmethode [1]) wurden durch Ammoniak aus der salpetersauren, von Metalloxyden befreiten Aschenlösung die Phosphate der Erdalkalien gefällt und aus dem Filtrat durch Kochen mit Natronkarbonat die übrigen Erdalkalimetalle gefällt und die Quantität der beiden Niederschläge getrennt bestimmt. Eine Scheidung der Kalk- und Magnesiaverbindungen wurde nicht ausgeführt.

Fourcroy und *Vauquelin* hatten zuerst die phosphorsaure Magnesia in der Pflanzenasche entdeckt. Bei Liebig [2]) finde ich die Angabe, dass in manchen Pflanzen die Alkalien ersetzbar sind durch Kalk und Bittererde, so sei ein Ersatz des Kalis durch Kalk bei dem Tabak und der Weinpflanze beobachtet worden. Dass der Kaligehalt der Pflanzen durch grosse Kalkmengen herabgesetzt wird, geht auch aus den Untersuchungen von *Fliche* und *Grandeau* [3]) hervor, obwohl der betreffende Kalkboden nicht kaliärmer, sondern kalireicher war. Die zahlreich angestellten Versuche mit niederen und höheren Pflanzen ergaben, dass niedere Pilze und gewisse Grünalgen Kalzium entbehren können [4]), für alle höheren Pflanzen sind

---

[1]) *De Saussure*, l. c. § XI. Détails sur les procédés employés pour l'analyse des cendres. p. 315/316.

[2]) *Liebig, J. v.*, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. I. Bd. p. 213. 8. Aufl. Braunschweig 1865.

[3]) Nach *Schimper, A. F. W.*, Pflanzengeographie. p. 109/110. Jena 1898. G. Fischer.

[4]) *Molisch, H.*, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. 1895. Bd. CIV. 1. Okt.

Benecke, W., Die Bedeutung des Kaliums und Magnesiums für Entwickelung und Wachstum des Aspergillus niger v. Th., sowie einiger anderer Pilzformen. Bot. Ztg. 1896. I. Abt. p. 97—132.

Vergl. auch *Richter, O.*, Die Ernährung der Algen. p. 4. Leipzig 1911. W. Klinkhardt. Und die hier zusammengestellte Literatur.

Stahlecker, E., Untersuchungen über Thallusbildung und Thallusbau in ihren Beziehungen zum Substrat bei siliziseden Krustenflechten. Dissert. Würzburg 1905. p. 34, 37, 44. Stuttgart 1905. Klett u. Hartmann.

Kalzium- und Magnesium integrierende Bestandteile der lebenden Pflanzenzelle [1]).

Unsere Kenntnisse über die Funktionen der Kalzium und Magnesiumverbindungen sind noch sehr mangelhaft. Der Zellkern und die Chlorophyllkörper sind nach Meinung *Loew*'s wahrscheinlich aus Kalziumverbindungen von Nuklein bezw. Plastin aufgebaut. Die Magnesiaverbindungen sollen aber am Aufbau nur indirekt beteiligt sein und zwar als Phosphorsäure-Überträger. Inwieweit die *Löw*'sche Anschauung zutrifft, ist vorläufig nicht zu ermitteln. Nach meinen Untersuchungen wäre ich eher geneigt die Rollen zwischen Kalk und Magnesia der Ansicht *Loew*'s umzutauschen. Eine Hauptfunktion wird dem Kalk bei der Bildung der Pflanzenbaustoffe für die Zellmembran zugeschrieben [2]). *Kohl* [3]) erkannte die Notwendigkeit des Kalkes beim Transport der Assimilationsprodukte und weist auf seine Teilnahme bei der Bildung von Polysacchariden und Eiweiss hin. Der Rohstoff für diese Bildungen sei eine organische Kalkverbindung, aus der Kalk in Form von Oxalat da frei werde, wo Zellulose, Stärke etc. sich im Stoffwechsel erzeuge.

---

[1]) *Benecke, W.*, l. c. p. 114. *Richter, O.*, l. c. p. 9. *Molisch, H.*, l. c.
Loew, O., Über die physiologischen Funktionen der Kalzium- und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus. Flora 1892. 75. Jahrg. p. 392.
— Über die Wirkung von Strontiumsalzen auf Algen. Flora 1911. N. Folge. 2. Bd. I. Heft. p. 96—112 und hier zitierte Autoren.

[2]) *Raumer, E. v.* und *Kellermann, Ch.*, Über die Funktionen des Kalkes im Leben der Pflanze. Landwirtsch. Versuchsstationen 1880. Bd. 25. p. 32.
Raumer, E. v., Kalk und Magnesia in der Pflanze. Landwirtsch. Versuchsstat. XXIX 1883. Sonderabdruck.
Loew, O., Über die Wirkung von Strontiumsalzen auf Algen. Flora 1911. N. F. II. Bd. 1. Heft u. dortselbst zitierte Arbeit von *Molisch, H.*, Wiener Akad. Berichte 1895. Bd. CIV. 1. Okt.
Küster, E., Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903. p. 46.
Hansteen, B., Über das Verhalten der Kulturpflanzen zu den Bodensalzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1910. XLVII. p. 289—376.
Euler, H., Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie. II. Teil. p. 62 und 152. Braunschweig 1909. Vieweg u. Sohn.

[3]) *Kohl, Fr. G.*, Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. p. 42—43. Marburg 1889.
Vergl. auch *Boehm, J.*, Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze. Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien. Math.-naturw. Klasse. I. Abt. 1875. Bd. LXXI. Aprilheft. p. 15. Vergl. auch *Loew, O.*, Über die physiologischen Funktionen der Kalzium- und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus. Flora 1892. 75. Jahrg. p. 372.

Einen sicheren Anhaltspunkt bieten auch die Arbeiten *Willstätters* [1]), der den Nachweis erbrachte, dass im Chlorophyllfarbstoff weder Eisen noch Phosphor, aber Magnesium enthalten ist. *Gautier* [2]) hatte schon 1877 angegeben, dass das reine Chlorophyll frei von Eisen ist und Magnesium einschliesst.

In den Aschen aller Pflanzenorgane ist Kalzium und Magnesium vertreten, in den älteren Teilen der Pflanze gewöhnlich mehr Kalk als Magnesia, in den jugendlichen Teilen herrscht nach den bisher bekannten Untersuchungen Magnesia vor. Obwohl die Verteilung in den Organen verschiedener Pflanzen mitunter grössten Schwankungen unterliegt, haben die Aschenanalysen doch gewisse Gesetzmässigkeiten zutage gebracht [3]). Diese Gesetzmässigkeiten sind im allgemeinen folgende: Der kalkreichste Teil ist die ältere Baumrinde, die durchschnittlich 70—80% Kalk in der Asche enthält, in jungen Zweigrinden nur ungefähr 40%. Man beobachtet ein Ansteigen des Kalkgehaltes mit dem Alter. In jungen Zweigen treten in der Vegetationszeit von Mai bis September starke Kalksteigungen auf.

Die Holzasche enthält 60—80% Kalk. Das ältere Holz, das Kernholz, ist kalkreicher als das Splintholz. Der Kalkgehalt der Blätter schwankt gewöhnlich zwischen 20—40% der Asche, steigend mit dem Alter, in seltenen Fällen wird er vom Magnesiagehalt übertroffen. Im Nährgewebe des Samens tritt der Kalkgehalt fast regelmässig hinter den der Magnesia und beträgt nur 2—10% der Reinasche.

In unterirdischen Reservestoffbehältern schwankt der Kalkgehalt sehr stark, nach *Czapek* beträgt er jedoch in reifen typischen Behältern ähnlich wie im Samennährgewebe meist unter 10% der Reinasche.

ImVegetationskegel sind die Kalkmengen oft verschwindend klein.

[1]) *Willstätter, R.*, Chlorophyll und wichtigste Abbauprodukte. Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden. Herausgegeben von *Abderhalden, E.* II. Bd. 2. Hälfte. Berlin 1910. Urban u. Schwarzenberg.

Vergl. auch *Czapek, Fr.*, Neuere Literatur über das Chlorophyll. Zeitschr. f. Botanik. 3. Jahrb. 1. Heft. 1911. p. 43—54.

[2]) *Gautier, A.*, Sur les chlorophylles cristallisées. Bull. Soc. chim. France. 1909. 4e série V—VI. p. 319—320. Ref. Bot. Zentralbl. 1911. Bd. 116. Nr. 17. p. 457.

[3]) Ausführlich besprochen bei *Czapek, Fr.*, Biochemie der Pflanzen. II. Bd. Jena 1905. G. Fischer. In den Kapiteln: Mineralstoffwechsel von Samen. p. 732 bis 752; der Mineralstoffwechsel von unterirdischen Reservestoffbehältern. p. 752 bis 759; die Mineralstoffe des Holzes. p. 761—774; die Aschenstoffe in der Rinde der Holzgewächse. p. 774—781; der Mineralstoffwechsel der Laubblätter. 781—808. Folgende Daten sind grösstenteils daraus entnommen.

Magnesia ist am höchsten im Samennährgewebe vertreten, und fast in gleichem Masse in den meristematischen Geweben.

Der Gehalt schwankt in der Reinasche des Nährgewebes im allgemeinen zwischen 8 und 12%. In einer Zusammenstellung weist *Czapek* darauf hin, dass die fettspeichernden Samen durchschnittlich mehr Magnesia enthalten als die Stärke und Zellulose speichernden Samen.

In unterirdischen Reservestoffbehältern ist der Magnesiagehalt relativ niedriger, er beträgt 3—6%, selten über 10% der Reinasche. Die Blätteraschen enthalten in der Regel 3—8% Magnesia, mitunter aber auch bedeutend mehr, so dass sie den Kalk übertreffen kann.

Im allgemeinen ist jedoch konstatiert, dass in kalkarmen oder kieselsäurereichen Blättern — wie beispielsweise bei den Gramineen — auch wenig Magnesium enthalten ist. In der Zeit lebhaftester Assimilation findet ein Ansteigen des Magnesiumgehaltes in den Blättern statt.

Die Holzasche enthält ungefähr 5—10% Magnesia, mitunter auch mehr. Mit seltener Ausnahme konnte keine regelmässig unterschiedliche Verteilung im Kern- und Splintholz festgestellt werden.

In der Asche älterer Baumrinden ist der Gehalt an Magnesia am geringsten, er beträgt 2—5% und häufig noch weniger, ausnahmsweise aber auch mehr. In jüngeren Rinden findet man merklich mehr Magnesium.

Aus den vorstehenden Hauptsätzen über die Verteilung von Kalzium und Magnesium lassen sich keine wichtigen Schlüsse auf die Beteiligung der Erdalkalimetalle am lebendigen Getriebe des Pflanzenorganismus ableiten.

Wo man sehr grosse Kalziummengen antrifft, sind Kalziumverbindungen in mehr oder weniger unlöslicher Form abgelagert und dadurch seine Wirksamkeit in Frage gestellt.

Magnesiaausscheidungen werden nicht so allgemein beobachtet. Man ist geneigt anzunehmen, dass der Magnesia eine grössere physiologische Bedeutung zukomme, als dem Kalk, weil es tatsächlich Organismen gibt, die ohne Kalk vegetieren können. Aber kein einziger Fall ist einwandfrei festgestellt, in welchem eine Pflanze ohne Magnesia existieren kann. Wir sehen auch, dass in den jugendlichen Geweben der Kalk weiter hinter der Magnesia zurücksteht. Doch wäre falsch, anzunehmen, dass Kalziumverbindungen gänzlich in Vegetationskegeln und Kambien fehlen könne. Einen Hauptstützpunkt

für diese Annahme in der Literatur bieten die Untersuchungen *Schimper*'s [1]). Diese verdienen deshalb noch eine besondere Kritik. Es gelang *Schimper* auf mikrochemischem Wege in den Zellen der Meristeme der Nachweis von Kalium und Magnesium, nicht aber von Kalzium, weder im Vegetationskegel noch im Kambium. Er bezeichnet zwar selbst die mikrochemischen Methoden noch als unvollkommen. In der Kambiumasche erhielt *Schimper* denn auch eine ganz schwache Kalkreaktion.

Auf Grund seiner Befunde gelangte *Schimper* zu der Ansicht, dass Kalksalze nur ausserhalb der Urmeristeme unbedingt nötig seien.

Auch in Blattmesophyllzellen fand er zwar sehr reichlich Magnesium und Kalium, aber häufig kein Kalzium, es sei denn, dass Kalziumoxalat vorhanden war. Nur Spuren von Kalzium konnte er im Siebröhrensaft der Cucurbitaceen nachweisen, aber wieder reichlich Kali und Magnesia und in der Asche ausserordentlich viel Phosphorsäure. In der Bildung von Kalkoxalat erblickte darum *Schimper* die einzig notwendige Spezialfunktion des Kalziums. Dem steht aber entgegen, dass auch solche Pflanzen des Kalziums nicht entraten können, welche kein Kalziumoxalat bilden. Es liegen darin also schon zwingende Gründe für die Annahme, dass die Funktionen des Kalkes mit der Neutralisation der Oxalsäure nicht erschöpft sind. Es sind denn auch eine Reihe Tatsachen bekannt, die mit der Ansicht *Schimper*'s nicht in Einklang stehen. *G. Wunder* [2]) fand in Reinaschen der Radikula und Plumula von Turnips, dessen Samen man auf Gaze unter Bespritzen mit destilliertem Wasser keimen liess, Kalk in beträchtlicher Menge, ebenso konnte auch ich in der Asche der Radikulaspitzen von Vicia Faba, ferner in der Kambiumasche von Aesculus Hippocastanum u. a. Kalk nachweisen. Es muss aber besonders beachtet werden, dass *Schimper* dicht unterhalb des Scheitelmeristems Kalkphosphat und Kalkoxalat reichlich gefunden hat, also in Teilen, die bei makrochemischen Untersuchungen als Bestandteile des Vegetationskegels mit verascht werden. Die Methoden zum intravitalen Nachweis des Kalziums sind noch unzureichend. Durch einen negativen Befund ist das Fehlen von Kalzium in komplexen Verbindungen der lebenden Substanz noch nicht erwiesen.

Die Bedeutung von Kalk und Magnesia im Pflanzenleben habe ich in vorliegenden Untersuchungen über das Kambium zu erforschen versucht.

[1]) *Schimper, A. F. W.*, Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. Flora 1890. p. 207—261.

[2]) *Wunder, G.*, zitiert bei *Wolff, E.*, Aschenanalysen von landwirtschaftlichen Produkten. p. 93. Berlin 1871. Wiegandt u. Hempel.

II. Bisherige Kenntnis von Chemie und Tätigkeit des Kambiums.

Über chemische Untersuchungen des Kambiums dikotyler Bäume findet man in der Literatur nur äusserst spärliche Angaben, obwohl keine andere Gewebezone zum Studium über die physiologischen Funktionen der Mineralstoffe so geeignet zu sein scheint als das Kambium, denn es ist wie der Vegetationskegel ein jugendliches plasmavolles Gewebe, in dem Exkrete nicht vorhanden sind. Man ist wohl zu der Annahme berechtigt, dass zur Zeit der Tätigkeit des Kambiums andere als unbedingt notwendige, physiologisch eingreifende Elementarstoffe nicht gegenwärtig sind und jeweils in einem der Produktion entsprechenden Mengenverhältnis.

Die Frage, ob die periodisch verschiedenartige Produktion des Kambiumringes, die Bildung von „Frühholz, Folgeholz, Spätholz" einerseits, die Bildung der Siebelemente und Bastelemente andererseits, unter dem Einfluss einer qualitativ und quantitativ wechselnden Ernährung des Kambiums erfolgt, ist noch immer unentschieden. Über die Beteiligung der Mineralstoffe am Dickenwachstum weiss man so gut wie nichts. Es fehlt an festen Grundlagen, an Analysen der Aschebestandteile des Kambiums. Ob die Aschenzusammensetzung in den Perioden des Dickenwachstums qualitativ wie quantitativ verschieden ist, ist unbekannt. Von einer besseren und zeitweise schlechteren Ernährung des Kambiums sprachen zwar *R. Hartig*[1]) und *Wieler*[2]) und versuchten durch eine Ernährungstheorie die Jahrringbildung zu erklären.

---

[1]) *Hartig, R.*, Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut zu München. I. p. 1880. p. 148—149.

— Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume. 1885. p. 34. Berlin. J. Springer.

— Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Forstgewächse. p. 282. Berlin 1891. J. Springer.

[2]) *Wieler, A.*, Analysen der Jungholzregion von Pinus sylvestris und Salix pentandra nebst einem Beitrag zur Methodik der Pflanzenanalyse. Landwirtsch. Versuchsstationen 1885. Bd. 32. p. 328 u. 332. S.-Abdr.

— Beiträge zur Kenntnis der Jahresringbildung und des Dickenwachstums. Jahrbücher f. wiss. Bot. 1887. 18. Bd. p. 125—132.

— Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. Sonderabdruck aus *Tharander*, forstl. Jahrbuch 1892. Bd. 42. p. 69, 76—85 u. 145. Dresden. G. Schönfeld.

Vergl. auch *Jost, L.*, Über Dickenwachstum und Jahresringbildung. Sep.-Abdr. aus der Bot. Ztg. 1891. Nr. 30—38. p. 2, 25 u. ff.

Jost, L., Über *R. Hartig*'s Theorie des Dickenwachstums und der Jahrringbildung. Sep.-Abdr. aus der Bot. Ztg. 1892. Nr. 30—31.

R. Hartig bezeichnet das Herbstholz für das durch bessere Kambiumernährung gebildete, *Wieler* gelangte zu entgegengesetzter Ansicht, indem er sagte, dass ungünstige Ernährung des Kambiums eine Produktion von Herbstholzelementen bedinge. Die Streckung der Zellen wäre in hohem Masse abhängig von dem Wassergehalt des Kambiums, der vermutlich im Frühjahr am höchsten sei.

Aus seinen Analysen geht auch hervor, dass der Wassergehalt der Jungholzregion von Pinus und Salix im Herbst geringer ist als im Frühling.

Lutz und *Strassburger*[1]) sind der Ansicht, dass die Natur der jeweiligen Kambiumprodukte von der Wasserversorgung abhänge. Analytische Belege wurden dazu nicht erbracht.

Dass die anorganischen Nährstoffe einen Einfluss auf die Streckungsverhältnisse der Kambiumzellen ausüben, mutmasst *Wieler*[2]), der einige Kulturversuche anstellte, die aber nicht ganz einwurfsfrei ausfielen, wie *Wieler* selbst zufügt: „Am klarsten waren noch die Ergebnisse mit den Kulturen, in welchen die Phosphorsäure ausgeschlossen war, als sie mit in normaler Nährlösung gezogenen Pflanzen verglichen wurden, besonders für Urtica dioica. — Die Pflanzen blieben sehr niedrig und schmächtig, entwickelten aber eine auffallend lange Wurzel, gleichsam als wenn sie nach den nötigen Nährstoffen suchten. Der Stengelquerschnitt war natürlich sehr klein, der grösste Durchmesser des Holzkörpers betrug etwa $^2/_3$ mm. In analoger Weise wie bei Zwergexemplaren war mit der Verminderung der gesamten Holzmasse die radiale Streckung der Elementarorgane gegenüber den Exemplaren aus normaler Wasserkultur bedeutend herabgesetzt“ [3]).

Die ersten analytischen Angaben über Mineralbestandteile des Kambiums machte *Th. Hartig*[4]) — wenn man von den unsicheren Angaben bei *Saussure* absieht —, indem er über Vorkommen von Ma-

[1]) *Lutz*, Beiträge zur wissenschaftl. Botanik. Herausgegeben von *Fünfstück* I, 1. Stuttgart 1895.

Strassburger, E., Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. p. 948 u. ff. Jena 1891. G. Fischer. Zitiert nach *Büsgen, M.*, Bau und Leben unserer Waldbäume. p. 105—107. Jena 1897.

[2]) *Wieler, A.*, Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. p. 85—87. Sonderabdruck aus *Tharander* forstliches Jahrbuch. 1892. Bd. 42. Dresden, G. Schönfeld.

[3]) *Wieler, A.*, l. c. p. 87.

[4]) *Hartig, Th.*, Über die Bewegung des Saftes in den Holzpflanzen. Bot. Ztg. 1861. Bd. XIX. p. 19.

gnesiumphosphat in den Kambialsäften der Bäume berichtet und im Anschluss daran schreibt[1]): „Es war mir bei diesen Untersuchungen besonders auffallend, dass auch auf kalkreichem, an Magnesia und Phosphorsäure armem Boden, die Magnesia nie durch Kalk vertreten war, von dem im Safte keine Spur sich nachweisen liess."

In den Kambialsäften von Eiche, Pappel und Koniferen fand *Hartig* im Frühjahr[2]):

	Eiche	Pappel	Koniferen
Asche	(0,9) 0,52	0,5	0,5—0,7
Phosphorsaure Bittererde	0,17	0,26	0,1—0,2

Ich finde bei *Ebermayer*[3]) eine Angabe, dass in den jüngeren Teilen der Bäume, in den Wurzelspitzen in den jungen Zweigen, in der Bastschichte und im Kambium, im jüngsten Holz der Phosphorsäuregehalt prozentisch stets grösser ist, als in den älteren Geweben. „Im Stammholz nimmt der Phosphorsäuregehalt vom Kern gegen die jüngeren Teile (Splint und Kambium) zu, ebenso ist in der Rinde eine Zunahme von der älteren Borke nach den jüngeren Rindenschichten bemerkbar"[4]). Das Kambium ist demnach der phosphorreichste Teil im Stamm.

Oben habe ich schon erwähnt, dass *Schimper*[5]) auf mikrochemischem Wege im lebenden Kambium Kalk nicht nachweisen konnte, er fand aber in der Asche von Aesculus-Kambium Spuren davon. Andere Daten über Mineralstoffe im Kambium konnte ich nicht finden.

---

[1]) *Hartig, Th.*, Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen. p. 134. Berlin 1878. J. Springer.

[2]) *Hartig, Th.*, Über die Bewegung des Saftes in den Holzpflanzen. Bot. Ztg. 1861. p. 19.

— Über den Zucker und über einen dem Salizin ähnlichen Körper aus den Kambialsäften der Nadelhölzer. XXI. Bd. Bot. Ztg. p. 414.

Vergl. auch *Wieler, A.*, Beiträge zur Kenntnis des Jahresringes und des Dickenwachstums. Jahrb. f. wiss. Bot. 1887. 18. Bd. p. 128/129.

[3]) *Ebermayer, E.*, Physiologische Chemie der Pflanzen. I. Bd. p. 800. Berlin 1882. J. Springer.

[4]) *Ebermayer, E.*, l. c. p. 805.

[5]) *Schimper, A. F. W.*, Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. [Flora 1890. 73. Jahrg. p. 228.

Wenn ich nun in der Absicht, einen Beitrag zur Physiologie des Kalkes und der Magnesia zu liefern, meine Untersuchungen mit dem Kambium dikotyler Bäume anstelle, so tue ich das in der Hoffnung, damit auch einen Beitrag über die Kambiumtätigkeit, das Dickenwachstum liefern zum können. Und wenn ich ausführlich auch unser Wissen über die Tätigkeit des Kambiums bringe, so geschieht das aus dem Grunde, weil vielleicht der Leser meiner Untersuchungen da und dort noch Beziehungen zwischen Chemie und Leben unseres Gewebes findet, die mir entgangen sein könnten. Die Verhältnisse, unter denen die Jahrringbildung im Kambium zustande kommt, sind noch sehr unklar.

Wie die Vegetationskegel durch Zellteilungen den Ausgangspunkt für das Spitzen- oder Längenwachstum bilden, so erfolgt durch Zellteilungen im Kambium das Dickenwachstum.

Die Zellteilungen im Vegetationskegel erfolgen nur in einer Richtung. Durch diese einseitige Tätigkeit bleibt der Vegetationspunkt stets an der äussersten Spitze der Pflanze.

Aus seiner Zellvermehrung differenzieren sich durch allmählichen Übergang in den Dauerzustand die primären Gewebearten.

In den kollateralen Gefässbündeln eines derartigen primären Baues der dikotylen Sprosse verbleibt zwischen dem Vasal- und Cribralteil eine Gewebezone im embryonalen Zustand, behält mithin die Neuzellbildungsfähigkeit. Diese interkalar urmeristematische Zone ist das Faszikularkambium. Erst sekundär bildet sich zwischen den kreisförmig im Stamme angeordneten Gefässbündeln, in den primären Markstrahlen, durch tangentiale Zellteilung ein neues, Interfaszikularkambium genanntes Folgemeristem.

Aus Faszikular- und Interfaszikularkambium kombiniert sich ein ringförmiges Kambium, von *Th. Hartig*[1]) kambiales Zellgewebe, von *Schacht*[1]) ursprünglich Verdickungsring[2]) genannt.

Durch tangentiale Teilung der Kambiumzellen werden neue Zelllagen nach einer, gewöhnlich nach zwei Seiten hin angelegt. Nach *Schoute*[3]) heissen die einseitig tätigen Kambien monopleurische, die

[1]) *Hartig, Th.*, Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen. p. 150. Berlin 1878. J. Springer.

[2]) Vergl. hierüber auch *Haberlandt, G.*, Physiologische Pflanzenanatomie. 3. Aufl. p. 562. Leipzig 1904. W. Engelmann.

[3]) Zitiert nach *Strassburger, E., Jost, L., Schenk, H., Karsten, G.*, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 10. Aufl. Literaturnachweis. p. 607. Jena 1910. G. Fischer.

zweiseitig tätigen dipleurische. Aus der Zellvermehrung des Kambiums resultiert durch sekundäres Gewebe das Dickenwachstum.

Nach der Innenseite des Kambiumringes werden die Elemente des Holzes gebildet, nach der Aussenseite die Elemente der sekundären Rinde.

Wenn infolge Zunahme des Holzzylinders die tangentiale Streckung der Kambiumzellen ihre Grenze erreicht hat, kommen zur notwendigen Erweiterung des Kambiumringes auch radiale Teilungen im Kambium vor.

Mit der Erforschung der bei der Bildung von Holz- und Bastteil sich abspielenden Teilungsvorgängen beschäftigten sich vornehmlich *Th. Hartig, Sanio, Raatz* und *Schoute.*

Th. Hartig[1]) hatte die Auffassung, dass in jeder Radialreihe des Kambiums zwei Mutterzellen existierten, die gewissermassen mit dem Rücken aneinander gelagert, die eine neuen Holzteil, die andere neuen Bastteil bilde. Man könnte danach wohl die Berührungsschicht dieser beiden Mutterzellen als die indifferente Grenzzone zwischen Holz- und Bastteil ansehen. Entgegen der Auffassung *Hartig's* kam *Sanio*[2]) zu dem Ergebnis, dass jede Bast- und Holzreihe nur eine gemeinsame Mutterzelle, eine Initiale besitze und stellte als Hauptgesetz der Zellbildung im Kambium folgendes auf: „Von den beiden, durch tangentiale Teilung der Kambiummutterzelle entstandenen Tochterzellen, verbleibt entweder die obere als Kambiummutterzelle, während die untere, sich noch einmal tangential teilend, als Zwilling zum Holze übertritt, oder es verbleibt von den beiden durch Teilung der Kambiummutterzelle entstandenen Tochterzellen die untere als Kambiummutterzelle, während sich die obere noch einmal teilt und als Zwilling zum Baste übertritt. Indem beide Fälle

[1]) *Hartig, Th.*, Über die Entwickelung des Jahresringes der Holzpflanzen. Bot. Ztg. 1853. XI. Jahrg. p. 572.

[2]) *Sanio, K.*, Anatomie der gemeinen Kiefer (Pinus silvestris L.). Sd.-Abdr. aus Jahrb. f. wiss. Bot. 1872. IX. Bd. p. 57, 58. In dieser Abhandlung, ein Kapitel: Entwickelungsgeschichte der Holzzellen (p. 50). Hierin ist die älteste Literatur über das Kambium angegeben: *Mohl, Unger, Naegele, Schacht.* Diese stellen fest — nachdem man erkannt hatte, dass das Kambium nicht eine schleimige, unorganische Masse ist, wie man früher annahm, es vielmehr aus einem zarten, reich mit eiweissartigen Verbindungen erfüllten Gewebe bestehe —, dass hier, wie anderweitig im geschlossenen Gewebe, die Zellen durch Teilung von Mutterzellen entstehen.

miteinander abwechseln, entstehen nach aussen Zellzwillinge für den Bast, nach innen für das Holz“ [1]).

Diese „Initialtheorie“ stellte *Sanio* für das Koniferenkambium auf. *Raatz* [2]) stellte sich nicht in allen Punkten auf den Standpunkt *Sanio's*. Dass es in jeder Kambiumradialreihe nur eine Kambiummutterzelle gibt, ist zwar auch seine Auffassung. Der Unterschied gegen die Tochterzellen sei aber nur ihre lokal bevorzugte Stellung im „Wendekreis“, wodurch sie unbegrenzt teilungsfähig bleibe, aber an Wachstumsintensität zeichne sie sich nicht vor den Tochterzellen aus. Die Teilungsfähigkeit der Tochterzellen sei zunächst ebenso gross; nach den Rändern des Kambiums nehme sie allmählich ab. Auf der Xylemseite erfolge die Teilung etwas schneller als auf der Phloemseite. Die Initialentheorie habe keine Erklärung für den notorischen Mehrzuwachs an Holz.

Schoute [3]), der Untersuchungen darüber anstellte, ob und inwieweit die *Sanio'*sche Initialtheorie auch für die Dikotylenkambien in Anwendung gebracht werden könnte, kam zu dem Schluss, dass die *Sanio'*sche Theorie, welche das Hauptmerkmal des Kambiums in dem Besitz der Initalien suche, nicht ganz zutreffend sei, weil die Initialen im Kambium öfters fehlten. Bei den Dikotylen fehlten sie nur in den jugendlichen Stadien einiger Stammeskambien und bei einigen Korken. Falls eine Zellausbildung an beiden Seiten des Kambiums sattfinde, würde das Kambium fortwährend neu gebildet von den Deszendenten einer einzigen Zellschicht; in diesem Falle hätten wir also ein Initialenkambium. Wenn aber nur an einer Seite Zellausbildung erfolge, könne auch der Fall vorkommen, dass der „Verbrauch“ an Zellen die „Produktion“ an Schnelligkeit übertreffe. In diesem Falle beteiligten sich mehrere primäre Zellschichten an dem Aufbau des Kambiums, es bestehe dann keine kontinuierliche radiale Anordnung der Elemente. *Schoute* nennt dies Kambium ein Etagenkambium. Der von dem Kambium im Laufe einer Vegetationsperiode angelegte Holzkörper zeigt einen verschiedenartigen Bau; nicht immer und nicht so auffallend verschieden ist der Bau des Bastteiles. Welches die Ursachen sind, unter denen die Jahrringbildung erfolgt,

[1]) *Sanio, K.*, l. c. p. 60.

[2]) *Raatz, W.*, Die Stabbildung im sekundären Holzkörper der Bäume und die Initialentheorie. Sep.-Abdr. aus *Pringsheim*'s Jahrbüchern f. wiss. Bot. Bd. XXIII. Heft 4. p. 606, 612, 620.

[3]) *Schoute, J. C.*, Über Teilungsvorgänge im Kambium. Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. 1902. Tweede Sectie. Deel IX. Nr. 4. p. 20, 54, 55.

ist noch ungeklärt. Die bisher aufgestellten Theorien, haben sich entweder als nicht richtig erwiesen, oder als unzulänglich. Die Mehrzahl der dikotylen Bäume auch der Nadelhölzer bilden im Frühling viel dünnwandigere Elemente als im Spätsommer. Bei einer grossen Anzahl Bäume treten im Frühjahr andere Elemente im Holzkörper auf als im Spätjahr. So fällt in den Beginn der Vegetationsperiode die Bildung grosslumiger Gefässe in meist grösserer Menge, anschliessend treten Gefässe mit engerem Lumen und spärlicher auf. Am Schluss der Vegetationsperiode werden in vielen Fällen nur noch Faser gebildet. Die Versuche diese Erscheinungen entwickelungsmechanisch zu erklären, führten zu keinem endgültigen Erfolg. Die schon von *Kraus* (Bot. Ztg. 1867 Sp. 141) angedeutete Möglichkeit einer Wirkung des Rindendrucks wurde seiner Zeit von *Sachs*[1]) und *de Vries* aufgenommen[2]).

Krabbe[3]) zeigte nun, dass eine fortgesetzte Steigerung des Rindendruckes vom Frühjahr zum Sommer nicht existiere oder so gering sei, dass von einem Einfluss auf die Kambiumtätigkeit und die Grösse der Holzelemente nicht gesprochen werden könne. Durch künstlich erzeugten Rindendruck von 3—5 Atmosphären konnte *Krabbe*[4]) zwar das Dickenwachstum beeinträchtigen und die Zellen abplatten, konstantierte aber, dass der natürliche Rindendruck nicht annähernd solchen Atmosphärendruck besitze. Die Wachstumskraft liegt aber zwischen 8 bis 15 Atmosphären[5]). Durch Einschneiden in

[1]) *Sachs, J.*, Lehrbuch der Botanik. 2. Aufl. p. 541, Anm. Leipzig 1870. W. Engelmann.

[2]) *De Vries, H.*, Über den Einfluss des Druckes auf die Ausbildung des Herbstholzes. Flora 1872. p. 241.

— Über den Einfluss des Rindendruckes auf den anatomischen Bau des Holzes. Vorläuf. Mitt. Separat-Abdr. aus Flora 1875. Nr. 7. 6 pp.

— Über Wundholz. Separat-Abdr. aus Flora 1876. p. 58. Regensburg 1876. F. Huber.

[3]) *Krabbe, G.*, Über die Beziehungen der Rindenspannung zur Bildung der Jahrringe und zur Ablenkung der Markstrahlen. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin LI. 1882. p. 1093. Vergl. auch: *Wieler, A.*, Beiträge zur Kenntnis der Jahresringbildung und des Dickenwachstums. Jahrb. f. wiss. Bot. 1887. Bd. 18. p. 74. *Büsgen, M.*, Bau und Leben unsererer Waldbäume. p. 103—107. Jena 1897. *Strassburger, E.*, Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. p. 945—957 und hier angegebene Literatur.

[4]) *Krabbe, G.*, Über das Wachstum des Verdickungsringes und der jungen Holzzellen in seiner Abhängigkeit von Druckwirkungen. Abh. d. Kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1884.

[5]) *Wieler, A.*, l. c. p. 75.

die Rinde, also durch Verminderung des Rindendruckes erzielte *Krabbe*[1]) sogar eine vorübergehende Bildung von Herbstholz. *Russow*[2]) suchte eine Erklärung der Jahrringbildung mit Hilfe des Turgors. Er geht von der Annahme aus, dass der Turgor im Anfang der Vegetationsperiode am grössten sei, das spreche sich deutlich in der beträchtlichen und raschen Streckung der radialen Zellwände aus, bei den Laubhölzern ausserdem in der Bildung der zahlreichen und weitlichtigen Gefässe. Dieser starke Turgor liefere die Kraft, durch welche die Spannung der Rinde überwunden, die äusseren, älteren Rindenteile gesprengt würden, denn gewiss sei zu Anfang der Vegetationsperiode die Rinde nicht weiter als am Schluss der vorhergehenden. Zur Zeit der Herbstholzbildung vermindere sich der Turgor infolge verringerter Zufuhr wasseranziehender Substanz. Die Richtigkeit dieser Annahme könne natürlich erst durch die chemische Untersuchung des Inhaltes der Jungholzzellen zu verschiedenen Zeiten der Vegetationsperiode dargetan oder widerlegt werden[3]). *Kny*[4]) untersuchte das Holz von Tilia parvifolia, welche Bäumchen durch Raupenfrass gegen Ende Juni vollkommen entlaubt waren und dann aus einer oder mehreren am Ende der Frühlingssprosse gelegenen Knospen neue Blätter entwickelt hatten. Hierdurch hatte sich im Jahrringe eine Grenzlinie aus gefässfreien, radial zusammengedrückten Zellen gebildet, von gleicher Beschaffenheit also wie Herbstholz. „Ganz wie bei der normalen Jahresgrenze, war auch hier der Übergang von der inneren Seite des Holzkörpers gegen die Grenzlinie hin ein allmählicher, von dieser nach aussen hin ein unvermittelter."

Im Anschluss an den Befund sagt *Kny*[5]): „Die Frage, ob es möglich sei, durch plötzliche Unterbrechung der Zufuhr assimilierter Substanzen mehr als einen scharf abgegrenzten Holzring im Laufe einer Vegetationsperiode zu erzeugen, findet also nach Obigem eine

[1]) *Krabbe, G.*, l. c. p. 74.

[2]) *Russow, E.*, Über die Entwickelung des Hoftüpfels, der Membran der Holzzellen und des Jahrringes bei den Abietineen, in erster Linie von Pinus silvestris L. 134. Sitz. der Dorpater Naturforscher-Gesellsch. 24. Sept. 1881. Sond.-Abdr. p. 44. Neue Dörpt'sche Zeitung.

[3]) *Russow, E.*, l. c. p. 43.

[4]) *Kny, L.*, Über die Verdoppelung des Jahresringes. Sonderabdruck aus den Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg von 1879. p. 5—6.

Vergl. auch *Strassburger, E.*, Leitungsbahnen l. c. p. 955. Über doppelte Jahrringbildung bei einer Lärche.

[5]) *Kny, L.*, l. c. p, 6 u. 7.

durchaus positive Beantwortung.“ Am deutlichsten trat die Abgrenzung der beiden Ringe der Regel nach nicht im obersten, sondern erst im zweitletzten oder drittletzten Internodium hervor, um erst von hier aus grundwärts zu abzunehmen. *Russow*[1]) findet durch den *Kny*'schen Entlaubungsversuch seine Ansicht bestätigt, da hiermit bewiesen sei, dass durch Herabsetzung der Säftezufuhr (mithin wohl auch das Sinken des Turgors) im Holze eine Erscheinung hervorgerufen werde, ähnlich der, welche normalerweise am Ende der Vegetationsperiode einzutreten pflege.

Auf *Russows* Veranlassung versuchte dann *Wieler*[2]) die Frage nach Sinken des Turgors mit Hilfe der chemischen Analyse zu entscheiden. Das Resultat[3]) der *Wieler*'schen plasmolytischen Studien ergab, dass der hydrostatische Druck zur Zeit der Herbstholzbildung in den Jungholzzellen nicht geringer ist, als zur Zeit der Frühlingsholzbildung.

Jost[4]) glaubte in der Periodizität der Organbildung, in der Blattentfaltung und dem Knospenschuss, die Ursache der Verschiedenheit der Früh- und Spätprodukte des Kambiums zu finden. Am Schluss einer seiner Arbeiten sagt aber *Jost*[5]): . . . . „Die Beziehungen, die zwischen der Blattbildung und Jahresringbildung aufgefunden wurden, sind nicht imstande zur ‚Erklärung‘ der letzteren etwas beizutragen. Eine Theorie der Jahresringbildung sollte hier also nicht gegeben werden; wir sind überhaupt von einer solchen noch recht weit entfernt. Dass die gegenwärtigen ‚Theorien‘ strenger Kritik nicht standhalten, hat *Krabbe* in mehreren Arbeiten (25—28) überzeugend dargetan. Dem Schluss, den er aus seinen kritischen Untersuchungen zieht, ‚dass die Jahresringbildung zu den Erscheinungen gehört, die gegenwärtig nicht zu erklären sind‘ kann ich nur zustimmen.“

Über die Bildung sehr weiter Frühtracheïden und im Anschluss an diese, Bildung sehr schmaler Spättracheïden bei Lärchenstämmen,

[1]) *Russow, E.*, l. c. p. 48.

[2]) *Wieler, A.*, Beiträge zur Kenntnis der Jahresringbildung und des Dickenwachstums. Jahrb. f. wiss. Botanik. p. 75. XVIII. Bd. Berlin 1887. Gebr. Borntraeger.

[3]) *Wieler, A.*, l. c. p. 80.

[4]) *Jost, L.*, Bot. Ztg. 1891 und 1893. Zitiert nach: *Büsgen, M.*, Bau und Leben unserer Waldbäume. p. 105. Jena 1897. G. Fischer.

[5]) *Jost, L.*, Über Dickenwachstum und Jahresringbildung. Separat-Abdr. aus der Bot. Ztg. 1891. Nr. 30—38. p. 28—29.

die *Strassburger*[1]) untersucht hatte, schreibt derselbe: „Die Annahme, dass der Rindendruck so rasch bei diesem Baume alljährlich sich geändert haben sollte, ist nicht denkbar; aber auch die Behauptung, dass die Ernährungsbedingungen sich so plötzlich hätten ändern können, erscheint wenig wahrscheinlich. Vielmehr drängt sich die Vorstellung auf, dass in dieser verschiedenen Ausbildung der Elemente die Bedürfnisse der Wasserleitung einerseits, der mechanischen Festigkeit andererseits ihren Ausdruck finden."

Strassburger glaubt, dass es sich um einen erblich fixierten Vorgang handele, womit für unsere Sache nichts gewonnen ist.

Über die Untersuchung einer von *Th. Hartig* geringelten Kiefernzwiesel durch *Strassburger* und *R. Hartig* berichtet Letzterer[2]), dass die unter der Ringelungsstelle gebildeten Jahrringe, deren Material den Reservestoffen der Rinde entnommen werden musste, in allen ihren Elementen äusserst schwach verdickt waren, aber sämtlich die Abwechselung von weiteren und engeren Tracheïden zeigten. Auch *R. Hartig*[3]) schliesst: „Damit ist wohl erwiesen, dass wir nicht Unterschiede in der Ernährung, sondern erblich gewordene anatomische Eigentümlichkeiten in der Ausbildung der radial verkürzten Tracheïden (Breitfasern) vor uns haben. Für die Annahme, dass die weitlumigen dünnwandigen Organe die besser ernährten seien, fehlt jede genügende Beweisführung".

Eine entwickelungsmechanische Erklärung der Jahresringbildung hält *Haberlandt*[4]) mit *Krabbe*[5]) und *Jost*[6]) derzeit für unmöglich. „Die verschiedene Ausbildung von Frühlings- und Herbstholz ist in dieser

[1]) *Strassburger, E.*, Leitungsbahnen. l. c. p. 948.

[2]) *Hartig, R.*, Ein Ringelungsversuch. Allgem. Forst- und Jagdzeitung 1889. p. 403. Vergl. auch *Strassburger* l. c. p. 952.

[3]) *Hartig, R.*, l. c. p. 405.

[4]) *Haberlandt, G.*, Physiologische Pflanzenanatomie. p. 585. 3. Aufl. Leipzig 1904. W. Engelmann.

[5]) *Krabbe, G.*, Das gleitende Wachstum bei der Gewebebildung der Gefässpflanzen. Berlin 1886. Behauptet, die Jahrringbildung sei ebenso unerklärlich, als die Form der Blätter. Vergl. auch *Krabbe, G.*, Einige Anmerkungen zu den neuesten Erklärungsversuchen der Jahrringbildung. Ber. d. Deutschen Botan. Gesellsch. Jahrg. 1887. Bd. V. Heft 6. p. 222—232.

[6]) *Jost, L.*, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. p. 428. Jena 1904. G. Fischer.

Vergl. auch: *Kny, L.*, Über eine Abnormität in der Abgrenzung der Jahrringe. Sonderabdruck aus Nr. 7 der Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde. Jahrg. 1890. p. 4—5.

Hinsicht mit anderen periodisch wechselnden Wachstumserscheinungen auf gleiche Stufe zu stellen, in deren Mechanik uns vorläufig nicht der geringste Einblick gegönnt ist.“

III. Material und Methode vorliegender Untersuchungen.

Bei der Wahl des Ausgangsmateriales für meine Kambiumuntersuchungen musste ich verschiedene Umstände berücksichtigen. Ich begann damit, eine grosse Anzahl Aststücke dikotyler Bäume und Nadelhölzer zu schälen und schied gleich diejenigen aus, deren Rinde sich nur schwierig vollständig, ohne Verletzung des Holzkörpers entfernen liess. Ein grosser Teil erwies sich als durchaus ungeeignet und an diesen Objekten ersparte ich mir gleich jede weitere Mühe. An den übrigen Stücken stellte ich mikroskopische Kambiumuntersuchungen an.

Die Kambialschicht sollte nicht zu schmal sein und sich möglichst scharf von den angrenzenden Holz- und Bastschichten erkennen lassen, der Kambiumring keine starken Kurven aufweisen, das Kambium also als möglichst gerader Zylinder den Holzkörper glatt umschliessen. Eine kleinere Zahl Koniferen und Laubhölzer kam so in engere Wahl. Um die Zahl der Untersuchungen nicht allzusehr erweitern zu müssen, entschloss ich mich zu den Laubhölzern, und nun kam die letzte Frage, ob mir Material in genügender Menge in der Nähe zur Verfügung gestellt werden könnte. In liberalster Weise stellte mir mein Chef, Herr Geheimrat *Kraus*, ganz meinen Wünschen entsprechend das Material von Ulmus campestris und Paulownia tomentosa aus dem hiesigen botanischen Garten. Der Standort dieser Bäume ist nicht wesentlich verschieden. An Ulmus probierte ich meine Methode aus, ehe ich zu meinen gleichzeitigen Untersuchungen an beiden Bäumen schritt.

Zu jeder Untersuchuug wurden starke Aststücke mit einem Durchmesser von 8—14 cm und zirka 4 Meter Länge abgesägt, alle Verzweigungen abgeschnitten, und dann nach oberflächlicher Reinigung in handliche Stücke von etwa 30 cm Länge geteilt. Durch Scheuern mit einer Wurzelbürste wurde dann eine gründlichere Reinigung vorgenommen. Mit einem starken Skalpell zerschnitt ich die Rinde in breite Riemen und zog dieselben ab. Vorher fertigte ich von jedem Ast eine Anzahl mikroskopischer Schnitte an, die durch die Kambiumzone gelegt wurden. Nach der Entrindung mussten immer wieder gegen den Rand des Holzkörpers und gegen die Innenseite der Rinde

Schnitte gelegt werden, um durch das Mikroskop festzustellen, an welchem Teile die Hauptkambiumschicht haftete.

Auf diese Art konnte man sich auch makroskopisch ganz gut orientieren. Ergab das mikroskopische Bild beispielsweise, dass die Hauptmenge des Kambiums am Holze hängen geblieben war, daran aber auch noch Teile des Jungbastes, so wurde an der Schnittfläche mit einem sehr scharfen dünnen Messer noch soviel von der Oberfläche abgeschnitten, bis das mikroskopische Bild eines neuen Schnittes zeigte, dass an der Schnittfläche das reine Kambium freigelegt war. Hatte ich nun an verschiedenen Stellen auf diese Weise das richtige Niveau angelegt, so konnte hiernach das ganze Holzstück mit einem recht scharfen Messer nivelliert werden, was mit unbewaffnetem Auge recht gut ausgeführt werden konnte. War die Hauptmenge des Kambiums aber an der Rinde, an deren konkaven Innenseite eine Nivellierung nur sehr schwer durchzuführen wäre, so zeigte sich mit ganz seltener Ausnahme, dass Jungholzzellen nicht mit abgerissen waren.

Mit einem Skalpell konnte nun das Kambium abgeschabt werden. Bei dieser Prozedur darf nur ein ganz gelinder Druck ausgeübt werden, sonst reisst man in den Holzkörper hinein. Das Kambium muss gewissermassen abrasiert werden. Ich gestehe, dass es im Anfang sehr schlecht und langsam vonstatten ging, es gehört eine gewisse Übung dazu.

Es braucht wohl nicht erwähnt zu werden, dass man bei Herstellung des Materials nicht sorgfältig genug verfahren kann. Wiederholt habe ich beobachtet, dass in nächster Nähe des Kambiums grosse Mengen Kalkoxalat angehäuft sind. Auch wenn ich das nicht konstatiert hatte, zeigte sich bei Probeanalysen, dass die Resultate sehr beeinträchtigt wurden, falls das Kambium mit geringerer Sorgfalt gesammelt worden war. Weniger verschoben sich die Daten für Magnesia, aber der Kalkgehalt war dadurch sehr gesteigert worden; das letztere hatte ich auch erwartet.

Es wäre ohne diesen Befund ja eine ganz bedeutende Arbeitserleichterung gewesen, wenn sich herausgestellt hätte, dass eine so peinliche Sorgfalt bei der Sammlung des Ausgangsmaterials unnötig wäre. Die Arbeit ist eine sehr langwierige. Um das Kambium aus einem 4 Meter langen Ast zu gewinnen, arbeiteten wir zu zweit einen ganzen Tag daran.

Das so erhaltene Kambium wurde auf grosse Uhrschalen abgestrichen und sobald eine gewisse Menge gewonnen war, das Frisch-

gewicht festgestellt. Das Trocknen wurde an der Luft bei Zimmertemperatur vorgenommen und das Material mindestens einen Monat ausgebreitet liegen gelassen. Das relative Trockengewicht verschiedener Schalen war ganz gleich und schon in 10—14 Tagen auf konstantem Gewicht. In Chlorkalzium-Exsikkatoren gestellte Schalen mit Kambium nahmen nur wenig mehr an Gewicht ab und konnte ich feststellen, dass die Übereinstimmung der in den Exsikkatoren erzielten Gewichtskonstanz nicht besser war, als in freier Luft.

Die quantitativ-chemische Untersuchung der Mineralstoffe Kalzium, Magnesium und Phosphorsäure erfolgte nach verschiedenen Methoden, die ich vorher auf ihre Zweckmässigkeit und Zuverlässigkeit für meine Untersuchungen eingehend durchprobiert hatte.

Die Herstellung der Asche nach der älteren Methode durch Glühen in Platin, Nickel, Quarz oder Porzellangefässen hat manche Mängel, besonders dann, wenn man Asche in grösseren Mengen darstellen muss. Bei zu hoher Temperatur treten Zersetzungen ein, wodurch ein Teil der Mineralbestandteile sich teilweise verflüchtigt; und trotz der hohen Temperatur verascht zunächst nicht die ganze organische Substanz, da die Asche auch nur verkohlte Teile einschliesst und vor weiterer Verbrennung hindert, weil der Sauerstoff zu diesen eingeschlossenen Partikelchen keinen Zutritt erlangt. Bei niederer Temperatur dauert die Veraschung grösserer Mengen sehr lange.

Ohne wiederholte Auslaugung mit Wasser, Abfiltrieren, Eindampfen des Filtrates, Einäschern des Filters samt Rückstand, kann man bei grösseren Mengen eine reine weisse Asche nie erhalten. Für meine Untersuchung ganz vorzüglich bewährte sich die *Neumann*'sche[1]) Säuregemischveraschung, die alle die Mängel der Glühaschenmethode ausschliesst. Zur Bestimmung des Gesamt-Aschengehaltes ist diese Methode zwar nicht geeignet, weil die Basen grossenteils an Schwefelsäure gebunden werden und nicht alle Elemente mehr darin nachweisbar sind.

Ich konnte mir für meine Untersuchungen die Vorteile beider Methoden zu nutze machen. Nach der Glühaschenmethode bestimmte ich die Gesamt-Rohasche und hieraus, zur Ermittlung der Reinasche,

[1]) *Neumann, A.*, Einfache Veraschungsmethode (Säuregemischveraschung) und vereinfachte Bestimmung von Eisen, Phosphorsäure, Salzsäure und anderen Aschebestandteilen unter Benutzung der Säuregemischveraschung. Zeitschr. f. physiologische Chemie. Bd. 37. p. 115—142 (1903).

— Nachträge zur Säuregemisch-Veraschung und zu den an diese geknüpften Bestimmungsmethoden. Arch. für Anat. u. Physiologie 1905. p. 208—218.

Kohlensäure, Kohle und Sand. In einer Lösung der Reinasche bestimmte ich dann Kalzium, Magnesium und Phosphorsäure. Nach der Methode der Säuregemischveraschung untersuchte ich den Gehalt an CaO, MgO und P_2O_5, hatte also für diese Daten die Belege zweier Methoden.

Zur Bestimmung des absoluten Trockengewichts wog ich in eine tarierte Glasschale zirka 12 g des lufttrockenen Kambiums und stellte das Gewicht exakt auf der chemischen Wage fest. In einem Wassertrockenschrank bei 100° wurde die Glasschale mit Kambium bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, oder solange bis eine plötzliche Gewichtszunahme erfolgte. Das vorhergehende niedrigste Gewicht wurde dann in Berechnung gezogen. Die so getrocknete Substanz war häufig so hygroskopisch, dass dieselbe an der Luft nach längerem Stehenlassen beinahe das Gewicht der lufttrockenen Substanz wieder erreicht hatte.

Die Glühasche wurde teilweise in Platinschalen, teilweise in Porzellanschalen aus Berliner Porzellan hergestellt. Ich zog die letztgenannten nach einiger Zeit vor, da die Platinschale zu sehr angegriffen wurde. Die Schalen stellte ich in ein grosses Dreieck über einen Pilzbrenner und veraschte mit Hilfe künstlichen Luftzuges nach *F. Schulze*[1]) in der Weise, dass ich die absolute Trockensubstanz aus der Glasschale nur in kleinen Mengen allmählich in die Veraschungsschale brachte. Ich erhielt auf diese Weise eine vollkommen weisse Asche trotz nicht zu hoher Temperatur.

War ein konstantes Gewicht der Asche erzielt, so wurde diese in einen Bunsen-Geisslerschen Apparat gewogen zum Zwecke der Kohlensäurebestimmung[2]). Mittels Schwefelsäure wurde die Kohlensäure freigemacht und nach dem Austreiben durch Gewichtsverlust berechnet. Die schwefelsaure Lösung filtrierte ich nun zur Bestimmung von Kohle und Sand durch ein tariertes quantitatives Filterchen, trocknete dies bei 100° und konnte so nach Abzug des Filtergewichtes und dem des Wägegläschens Kohle und Sand bestimmen. Durch Glühen dieses Rückstandes im Platintiegel erzielte ich dann die Einzelgewichte für Kohle und Sand, nachdem ich mich

[1]) *Fresenius, C. R.*, Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse. 6. Aufl. 2. Bd. p. 639. Braunschweig 1877—1887. F. Vieweg.

[2]) *Medicus, L.*, Quantitative Analyse. 5. Aufl. p. 32 ff. Tübingen 1906. Laupp.
Aron, H., Aschenanalyse. Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden. Herausgegeben von *E. Abderhalden*. I. Bd. 1. Hälfte. p. 423/424. Berlin 1909. Urban u. Schwarzenberg.

durch Verflüchtigung des Rückstandes mit Fluorammonium und Schwefelsäure davon überzeugt hatte, dass ein etwa vorhandener Glührückstand tatsächlich nur Kieselsäure war. Nach Abzug der ermittelten Gewichte für Kohlensäure, Kohle und Sand von dem Gewicht der Rohasche erhielt ich dann den Wert für die Reinasche. Das oben genannte Filtrat von Kohle und Sand wurde auf 200 ccm verdünnt, genau eingestellt und zur Bestimmung von CaO und MgO einerseits und P_2O_5 andererseits hiervon je 50 ccm weiterverarbeitet.

Die zur Kalk-Magnesia Bestimmung angewandte Lösung wurde erst mit NH_4OH neutralisiert, dann in schwach essigsaurer Lösung durch Ammoniumoxalat Kalziumoxalat gefällt und auf dem Wasserbad einige Zeit erhitzt. Der Niederschlag wurde nach 12stündigem Stehenlassen abfiltriert und nach dem völligen Auswaschen wieder in wenig HCl gelöst, dann mit Ammoniak neutralisiert, schwach essigsauer gemacht und wieder in gleicher Weise als CaC_2O_4 gefällt, nach 12stündigem Stehenlassen abfiltriert, mit schwach essigsaurem Wasser ausgewaschen und nun im tarierten Platintiegel geglüht, bis zum konstanten Gewicht von CaO. Mehr als die Hälfte meiner Kalkbestimmungen führte ich nach der indirekten Methode aus: Der Kalziumoxalat-Niederschlag wurde hiernach in nitritfreier heisser verdünnter Salpetersäure gelöst und die Oxalsäure mittels $\frac{n}{10}$ $KMnO_4$ Lösung titrirt. Diese Methode ist durchaus zuverlässig und eignet sich vorzüglich, wenn eine grössere Anzahl Analysen nebeneinander ausgeführt wird. Die beiden Filtrate vom Kalziumoxalatniederschlag wurden eingedampft und das in der Lösung enthaltene Ammonazetat nach dem Trocknen abgeraucht, der Rückstand in wenig HCl gelöst, abfiltriert, mit Ammoniak versetzt und mit Phosphorsalz-Lösung das Magnesium als Ammoniummagnesiumphosphat gefällt. Nach mindestens zwölfstündigem Stehen filtrierte ich ab, glühte in der üblichen Weise im Gebläse und wog das Magnesium als Magnesiumpyrophosphat. Die Benutzung des Goochtiegels bei der Magnesiabestimmung in der von *Aron*[1]) angegebenen Weise bewährte sich sehr gut und bedeutet grosse Zeitersparnis. Die zur Phosphorsäurebestimmung verwendeten 50 ccm wurden mehrmals unter Zugabe von etwas Salpetersäure auf dem Wasserbad eingedampft, dann in Salpetersäure aufgenommen abfiltriert, mit Ammoniummolybdat im Überschuss gefällt, 24 Stunden bei etwa 40° absetzen

[1]) *Aron*, *H.*, l. c. p. 408.

gelassen, dekandierend abfiltriert, der Niederschlag in etwas Ammoniak gelöst und mit Magnesiamischung die Phosphorsäure als Ammoniummagnesiumphosphat gefällt und, wie bei Magnesia angegeben, weiter behandelt um als Magnesiumpyrophosphat gewogen zu werden.

Zur Ausführung der Säuregemischveraschung nach *Neumann*, — die mit allen Details von *Aron*[1]) ausgearbeitet wurde — bediente ich mich grosser Jenenser Rundkolben von 3/4 Liter Inhalt. Ungefähr 30 g exakt ausgewogene lufttrockene Substanz brachte ich in je einen Kolben und setzte nun 30 ccm Säuregemisch zu; das ist eine Mischung gleicher Teile konzentrierter Schwefelsäure und Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1,4. Weitere 30 ccm Säuregemisch gab ich in einen Tropftrichter, dessen Röhre an zwei Stellen so gebogen war, dass der obere Teil des Trichters mit dem Hahn nicht senkrecht über der Kolbenmündung stand[2]). Nachdem die stürmische Entwickelung im Kolben nachgelassen hatte, stellte ich den Hahn so, dass nur ganz langsam, kleine Tröpfchen Säuregemisch in den Kolben kommen konnten. Durch einen kleinen Brenner wurde die Oxydation gefördert. Wenn der Inhalt zu weit eingedampft war, goss ich in fast beliebiger Menge konzentrierte Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1,4 nach. Mit 60 ccm Säuregemisch muss sich eine Veraschung bewerkstelligen lassen, Salpetersäure kann hingegen im beliebigem Masse verbraucht werden. Die Veraschung erfolgt ohne Force am glattesten in einigen Tagen. Will man die Oxydation aber forcieren, so braucht man viel grössere Mengen des Säuregemisches. Bei der ersten und letzten Veraschung des Ulmenkambiums machte sich die Schwefelsäure dadurch unangenehm geltend, dass infolge des grossen Kalkgehaltes schwerlöslicher Gips ausschied, so dass zur Lösung ziemlich starke Salzsäure angewandt werden musste. Die Lösung wurde auf 500 ccm eingestellt und dann je 100 ccm zur Ca und Mg Bestimmung und zur Phosphorsäurebestimmung angewandt. Der weitere Verlauf der Analyse ist dann wie der bereits geschilderte.

Es wäre viel umständlicher und nicht so exakt durchführbar, wollte man entsprechende Aschenlösungen auf dem Glühwege anfertigen. Arbeitet man nach der Säuregemischveraschungsmethode, so braucht man nur eine kleine Portion Glühasche herzustellen, — noch viel weniger als ich es tat — damit man die Gesamt-Rohasche und Reinasche

[1]) *Aron*, *W.*, l. c. p. 385/386 ff.

[2]) Vergl. die Abbildung bei *Aron* l. c. p. 386 u. 388.

der Säuregemischveraschung daraus berechnen kann. Die Methode ist in den meisten physiologischen Instituten auch bereits im Gebrauch. In wieweit sie sich auch für phytochemische Untersuchungen eignet, darüber konnte ich in der Literatur nichts vorfinden. Sie ist viel brauchbarer als die in der forensischen Chemie angewandte Oxydationsmethode mit chlorsaurem Kali und Salzsäure und liefert auch exaktere Werte als die Glühaschenmethode. Ich kann aus meinen Erfahrungen folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Methode ist sehr einfach, liefert die exaktesten Resultate und ist insofern nicht zeitraubend, als man sich wenig danach umzuschauen braucht.
2. Für Kalk und Magnesia liegen die Werte in der Glühasche durchweg etwas höher, was ich damit erkläre, dass Kalk und Magnesia in der Glühasche dadurch relative Steigerung erfahren, dass andere Aschenbestandteile sich beim Glühen verflüchtigen.
3. Für Phosphorsäure liegt der Wert bei beiden Methoden annähernd gleich, mitunter aber in der Glühasche merklich tiefer; es sind also in der Glühasche Phosphate teilweise flüchtig, wahrscheinlich infolge Reduktion.
4. Für die Veraschung sehr kalkreicher Körper ist die Säuregemischmethode nicht im gleichen Masse empfehlenswert, weil sehr schwerlösliches Sulfat ausgeschieden wird.
5. Die Glühaschenanalyse liefert nur dann brauchbare Resultate über die relativen Mengen der Aschenbestandteile, wenn die Veraschung bei sehr niedriger Temperatur erfolgt.

Die Veraschung nach jeder Methode führte ich mindestens doppelt vollständig aus, so dass meine Angaben in den Tabellen über CaO, MgO, P_2O_5 also mindestens vier übereinstimmenden Resultaten entnommen sind; für die Berechnungen lagen mir aber meistens sechs übereinstimmende Zahlen vor, einige Mal auch acht.

Ausserdem wurden für die Bestimmung der Rohasche, Kohlensäure, Kohle und Sand mindestens noch sechs Veraschungen mit kleineren Mengen vorgenommen, so dass also, mit Einrechnung der obigen Angabe, die Zahlen für diese Rubriken mindestens acht Grundlagen haben, woraus dann erst die Reinaschen % berechnet wurden. Die Bestimmung der absoluten Trockensubstanz wurde 3mal ausgeführt und zwar 2mal für die zuerst oben genannten Glühaschenbestimmungen und 1mal für die sechs Veraschungen mit kleineren Mengen zusammen.

IV. Kritischer Vergleich der Ergebnisse meiner Untersuchungen.

A. Kalk, Magnesia und Phosphorsäure auf Reinasche berechnet. (Tabellen I und II).

Bei Aufstellung dieser beiden Tabellen hielt ich mich im wesentlichen an die Tabellen-Einrichtung der Aschenanalysen von *E. Wolff*.

Ein Vergleich der Tabellen von Ulmus und Paulownia zeigt, dass der Gehalt an Ca O, Mg O und $P_2 O_5$ äusserst verschieden ist. Ulmus besitzt im Mittel zirka 25 % mehr Kalk, dagegen 7 % weniger Magnesia und zirka 16 % weniger Phosphorsäure.

Den Gehalt dieser Verbindungen vom selben Termin miteinander zu vergleichen, ist nicht immer angängig. Für Februar mag es angehen, vielleicht auch für August, obwohl hier erwähnt werden muss, dass Paulownia (durch Erfrieren der Blütenrispen im vorigen Winter) in diesem Jahre nicht fruktifizierte. Bei der Verarbeitung im April war Ulmus am Abblühen, im Stadium der Fruchtbildung, Paulownia dagegen schien zur gleichen Zeit noch ganz im Winterschlaf zu sein. Im Mai war Ulmus bereits reichlich beblättert, die Früchte schon abgefallen; Paulownia, seit kaum acht Tagen im Trieb, war also erst schwach belaubt.

Aus den Bestimmungen der lufttrockenen und absoluten Trockensubstanzen, die von Februar bis August eine ständige Abnahme erkennen lassen, ist umgekehrt in gleicher Periode ersichtlich, dass die Wasseraufnahme in ständiger Zunahme begriffen ist. Man muss annehmen, dass durch die stärkere Berieselung die Beweglichkeit des Kambialsaftes, oder der Stoffwechsel im Kambium allmählich reger wird. Trotz der ganz abnormen Trockenheit des Sommers 1911 scheint hier keinerlei Störung eingetreten zu sein. Ich glaube nicht, dass bei normalen Witterungsverhältnissen die Wasserzunahme im Kambium eine noch grössere sein könnte. Das Kambium bedingt eine periodische Lebenstätigkeit der Pflanze, es ist sicher der letzte Teil, der unter Nahrungsmangel leidet. Mit den Vegetationskegeln scheint der Kambialsaft in engstem Konnex zu stehen. Die enorme Kalkabnahme bei der Blattbildung deutet darauf hin.

Bei Paulownia steigt der Wassergehalt beim Beginn der Knospentriebzeit derart, dass die Trockensubstanz noch bedeutend unter die Hälfte der Winter-Trockensubstanz sinkt, wogegen bei Ulmus ein gleichmässigeres, allmähliches und geringeres Abnehmen der Trockensubstanz beobachtet wird.

Diese Verhältnisse entsprechen ganz der Triebstärke und dem Dickenwachstum der beiden Bäume.

Bei Ulmus mit einem geringeren Dickenwachstum im Vergleich zur Paulownia fällt die lufttrockene Substanz von 44 auf 33 (Abnahme von 25%, bzw. Wasserzunahme von zirka 20%) bei Paulownia von 41 auf 18 (Abnahme von 55%, bzw. Wasserzunahme von zirka 39%).

Der Reinaschengehalt der Trockensubstanz liegt bei Ulmus 5 bis 7% höher als bei Paulownia. Dieser höhere Gehalt bei Ulmus steht wohl zweifellos mit dem ebenfalls grösseren Kalkgehalt in Beziehung. Die einzige Ursache der Reinaschenhöhe kann dies aber nicht sein. Der Reinaschengehalt der Ulme steht in einem höheren Verhältnis zu dem Reinaschengehalt der Paulownia als dem beiderseitigen CaO-Verhältnis entsprechen könnte.

Es ist ferner auffallend, dass der Reinaschengehalt sogar dann noch eine Steigerung erfährt, wenn der Kalk-Gehalt des Kambiums beider Bäume abnimmt.

Die Magnesia und die Phosphorsäure stehen diesem Verhältnis ganz fern.

Es muss hiernach bei Ulmus ausser dem Kalk noch ein anderer anorganischer Körper den höheren Reinaschengehalt bedingen. Möglich ist es, ja höchst wahrscheinlich, dass dies dieselbe Verbindung ist, welche die enorme Kalkabnahme im Mai zu ersetzen, oder nur vorübergehend zu vertreten vermag. Eine gleichzeitige Bestimmung des Kaliums — ein anderes Element kommt kaum noch in Frage — hätte hier wahrscheinlich Aufschluss geben können.

Der Kalkgehalt ist in den verschiedenen Perioden ein wechselvoller.

Während oder kurz nach der Blattbildung ist der Kalkgehalt des Kambiums am niedrigsten. Es scheint kein Kalküberschuss zu sein, der dem Kambialsaft bei der Blattentwickelung entzogen wird, werden doch die Kalksalze, wie der Reinaschengehalt beweist, durch andere Salze solange ersetzt, bis wieder die nötige Kalkmenge zur Verfügung steht. Der Kalk wird reichlich wieder ersetzt, im Vergleich zum Mai hat sich im August die Kalkmenge ungefähr verdoppelt, aber der Reinaschengehalt zeigt infolgedessen so gut als keine Veränderung. Bei Ulmus ist er nur um 1% gestiegen, bei Paulownia sogar gesunken. Es muss demnach das vertretende Element die Kambiumzone wieder verlassen haben.

Offenbar soll der osmotische Druck durch diesen Austausch keine schädliche Beeinflussung erfahren. Ist die im Mai anzutreffende

geringste Kalkmenge durchweg für die Kambiumzellen ausreichend und ist der höhere Gehalt an Kalk zu anderen Zeiten als Speicherung zu betrachten?

Bei der Annahme wichtiger physiologischer Funktionen der Kalkverbindungen in der Pflanze muss die enorme Kalkveränderung irgendwelchen Einfluss auf die Tätigkeit des Kambiums ausüben. Ich konnte konstatieren, dass zur Zeit der Blattbildung das Kambium seine bis dahin rege Tätigkeit auffallend plötzlich verlangsamt. Besonders bei Paulownia war mikroskopisch nachzuweisen, dass im April viele regelmässige Zellen nach der Holzseite hin angelegt werden. Die nach der Rindenseite zu liegenden, fast dicht die Kambiumzone begrenzenden Faserbündel wiesen darauf hin, dass neue Siebelemente noch gar nicht zu dieser Zeit gebildet werden.

Mit Beginn der Knospentriebzeit verringerte sich auffallend die Teilungszahl nach der Holzseite zu, aber die Grösse der Zellen nahm zu. Acht Tage später erhielt ich mikroskopische Präparate, in denen die grosslumigen Gefässe in nächster Lage an dem Kambium sich gebildet hatten.

Nach aussen hatte die Bildung sehr dünnwandiger Siebelemente jetzt deutlich eingesetzt.

Ende Juni zeigte der junge Holzkörper so gut wie gar keine Veränderung gegen die letzte Untersuchung Mitte Mai.

Im Siebteil war dagegen eine weitere Zunahme zu verzeichnen. Faserbündel waren aber nicht gebildet. Die nächste Präparation stellte ich am 2. August an. Ich konstatierte, dass in der Zwischenzeit nach der Holzseite hin wieder eine lebhaftere Neuzellbildung stattgefunden hatte, die Zellen waren aber allmählich wieder kleiner geworden, der Inhalt dicht und undurchsichtig. Nach aussen war eine schwache Tätigkeit des Kambiums erfolgt, in der jüngsten Zone waren schon verholzte Elemente mit Phloroglucin und Salzsäure nachweisbar.

Etwas schwieriger war es, dieselben Eigentümlichkeiten auch bei Ulmus festzustellen. Jedoch die Bastbildung war hier nicht so zeitlich begrenzt.

Mit dem Cribralgewebe bildet sich gleichzeitig schon ein schwacher dünnwandiger offener Bast. Im Spätsommer entstehen die englumigen starken Bastfaserbündel, ungefähr zu gleicher Zeit, wie bei Paulownia.

Übereinstimmend konstatierte ich also, dass die Kambiumtätigkeit eine periodisch mehr einseitige ist. Der Vasalteil wird vor der

Knospentriebzeit gebildet, während der Cribralteil erst im Anfang der äusseren Vegetationstätigkeit entsteht. Der Wechsel der Kambiumtätigkeit tritt dann ein, wenn der Kalkgehalt im Kambium am niedrigsten ist. Zu gleicher Zeit wird die produktive Leistung des Cambiums „räumlich" eingeschränkt. Ich will damit nicht die Frage beantwortet haben, ob gleichzeitig auch die Zellteilungen im Kambium eine quantitative Hemmung erleiden.

Bei Ulmus fand ich darüber keinen Aufschluss, bei Paulownia und besser noch bei Aesculus hippocastanum schien es mir, als ob die Zellteilungsfähigkeit nicht gehemmt worden wäre. Das Kambium war im August, bei Paulownia und Aesculus, im Gegensatz zum Mai durch viele Zellreihen sehr breit. Man könnte danach annehmen, dass nur die Zellstreckung und der weitere Ausbau dieser Zellen durch Kalkmangel in Stockung geraten sei. Nur dünnwandiges Cribralgewebe wird ausgebildet.

Das Kambium hat in der ganzen Vegetationsperiode verschiedene Aufgaben und damit ein wechselndes Kalkbedürfnis!

Über Magnesia geben die Tabellen I und II zunächst den Aufschluss, dass, im Gegensatz zum Kalk, sie kaum einer periodischen Veränderung unterlegen ist und vor allem, dass hier die Magnesia in keinerlei Wechselbeziehung zum Kalk steht. Welche Veränderungen sonst auch vorgehen mögen, der Magnesiagehalt bleibt fast konstant. Bei dieser Berechnung auf Reinasche zeigt Paulownia, mit durchschnittlich 7 % mehr MgO, beinah den dreifachen Magnesiagehalt wie Ulmus. Wollte man hieraus einen Schluss auf eine verschiedene physiologische Bedeutung der Magnesia bei den beiden Bäumen ziehen, so ginge man fehl.

Zu derartigen individuellen Vergleichen kann man Reinaschentabellen nicht verwenden, welche ja keinen direkten Aufschluss über die Verteilung der einzelnen anorganischen Stoffe im Organismus geben.

Aus der jederzeit fast unveränderlichen Magnesiamenge sieht man aber, dass der Bedarf an Magnesia während des ganzen Jahres gleich bleibt. Sie steht damit in schroffem Gegensatz zum Kalk. Von einer Magnesia-Speicherung zu gewissen Zeiten ist vor allem nichts zu merken. Gestützt auf diese Tatsache glaube ich auch nicht an eine Kalkspeicherung im Kambium, die wechselnden Kalkmengen scheinen vielmehr den jeweiligen Bedürfnissen zu entsprechen. Erst zur Zeit der Blattbildung stellt sich das Bedürfnis zu einem neuen Siebteil ein. Zur Blattbildung sind grössere Mengen Kalk nötig, zur

Bildung von Siebelementen im Kambium zu gleicher Zeit ein niedrigeres Kalkverhältnis notwendig. Die Kalkbedürfnisse der Knospen und des Kambiums ergänzen sich also denkbar günstig.

Der Phosphorsäuregehalt beträgt bei Paulownia ungefähr das 2—2 1/2 fache als bei Ulmus.

Wie bei der Magnesia darf man hier bei der Berechnung auf Reinasche aus diesem Verhältnis auch keine Schlüsse auf eine physiologisch verschiedene Bedeutung der Phosphorsäure bei den beiden Pflanzen ziehen.

Der Gehalt an Phosphor bleibt während des Jahres nicht konstant. Mit dem Kalk beobachtet man ein Steigen und Fallen, aber keineswegs zeigt die Veränderung etwa der Kalkabnahme oder -zunahme äquivalente Mengen.

Die Phosphorsäureschwankungen sind relativ klein, bei Paulownia aber grösser als bei Ulmus. Offenbar bestehen demnach Beziehungen zwischen Phosphorsäure und Kalk.

Andererseits sieht man aus den Mengenverhältnissen von Phosphorsäure und Magnesia, dass sehr enge Beziehungen zwischen diesen beiden bestehen. Ein hoher Magnesiagehalt bedingt einen ungefähr 3mal höheren Phosphorsäuregehalt:

Ulmus mit durchschnittlich 3,8 % Magnesia in der Reinasche weist durchschnittlich 12,4 % Phosphorsäure auf, Paulownia bei 10,5 % Magnesia, 28,6 % Phosphorsäure.

Die eben erwähnten Beziehungen der Phosphorsäure zum Kalk und zur Magnesia sind jedoch für den Stand der Phosphorsäure allein noch nicht vollständig ausschlaggebend. Sicher ist auch dem Kalium ein Einfluss auf den Phosphorsäurestand zuzuschreiben.

Steht die Phosphorsäure in stärkerem oder schwächerem Kontakt mit allen für die Ernährung wichtigen Metallen — Salpetersäure und Schwefelsäure sind aber nicht minder an diesem Verhältnis beteiligt, da auch diese als Salze derselben Metalle der Pflanzenernährung dienen — so muss man daraufhin den Wert der Faktoren anzweifeln, bei deren Aufstellung das Verhältnis zwischen nur zwei Elementen zugrunde gelegt wird[1]).

[1]) Vergl. die Arbeiten *Loew*'s und seiner Mitarbeiter über die Lehre vom Kalkfaktor, zitiert, auch kritisiert bei *Czapek, F.*, Biochemie der Pflanzen. II. Bd. p. 794, 797, 847—852. Jena 1905. Weitere Arbeiten *Loew*'s auch in der Literaturzusammenstellung bei *Richter, O.*, Die Ernährung der Algen. Leipzig 1911. *W. Klinkhardt. Loew, O.*, Über die angebliche Widerlegung der Lehre vom Kalkfaktor. Landw. Jahrb. Bd. XXXIX 1910 p. 335. *Portheim, L. v.* und *M. Samec*, Über die Verarbeitung der unentbehrlichen anorganischen Nährstoffe in den Keim-

So lässt sich die Kalk-Magnesiafrage nicht durch einfache Vergleiche ihrer sehr in Frage stehenden, gegenseitigen direkten physiologischen Beziehungen lösen.

Das Bedürfnis der einzelnen Nährstoffe, besonders des Kalkes für die Pflanze, ist zeitlich sehr verschieden.

Erst nach genauer Kenntnis dieser Bedürfnisse und der physiologischen Funktionen der einzelnen Elemente kann man unter Berücksichtigung ihrer ernährungsphysiologischen Bedeutung und der chemischen Einwirkung auf die Bodenbeschaffenheit optimale Mengenverhältniszahlen, berechnet für die ganze Vegetationszeit, aufstellen.

Bei Berechnung der Faktoren sind nicht nur die direkten Beziehungen einzelner Elemente untereinander zugrunde zu legen, sondern auch deren Beziehungen zu dritten Elementen oder Verbindungen müssen die Verhältniszahlen wesentlich beeinflussen und dürfen daher nicht ausser Berechnung bleiben.

Die Kohlensäure der Rohasche steigt von Februar bis August sowohl bei Ulmus als bei Paulownia. Die kalkreichere Ulme hat auch mehr Kohlensäure in der Rohasche als die Paulownia. Dieser Befund ist durch den prozentischen Kalkgehalt der Asche bedingt.

lingen von Phaseolus vulgaris. Flora 1909 I C. p. 260—276. Ref. Bot. Zentralbl. 1910. Bd. 114. Nr. 8. p. 182. — *Bernardini L.*, e *G. Corso*, Intorno all' influenza di varii raporti fra calce e magnesia su lo sviluppo delle piante. Staz. sperim. agrarie 1909 (Traduit par *F. Rigaux*, Seraing 1910 8° 16 pp.) ebenso: *Bernardini L.* e *G. Siniscalchi*, Staz. sperim. agrarie XLII 1909 p. 369—386. Ref. Bot. Zentralbl. 1910 Bd. 114. Nr. 1. p. 2—3 (Traduit par *F. Rigaux*, Seraing 1910 8° 18 pp. auch *Loew, O.*, Bot. Zentralbl. Bd. 114. 1910. Nr. 7. p. 176. — *Lemmermann, O., A. Einecke* und *H. Fischer*, Untersuchungen über die Wirkung eines verschiedenen Verhältnisses von Kalk und Magnesia in einigen Böden auf höhere Pflanzen und Mikroorganismen. Mitt. d. agrikulturchemischen Versuchsstation Berlin. Landw. Jahrb. 1911. XL. Bd. 1./2. Heft p. 175—183, 242, 244. — *Konowalow, J.*, Über den Kalkbedarf der Pflanzen und über die verschiedenen Verhältnisse von CaO zu Mg in der Nährlösung. Landw. Versuchsstat. 1911. LXXIV. p. 343. *Mayer, D.*, Kalk- und Magnesiaversuche. Landw. Jahrb. 1910. XXXIX. Erg.-Bd. III. p. 254. — Derselbe, Über die Abhängigkeit des Maximalertrages von einem bestimmten Verhältnis von Kalk zu Magnesia im Boden. Landw. Jahrb. 1911. XL. Bd. Heft 1./2. p. 339. — *Lipmann, C. B.*, On the lack of antagonism between calcium versus magnesium and alsa between calcium versus sodium. Bot. Gaz. IL. Bd. p. 41—50 jan. 1910. Engl. Ref. Bot. Zentralbl. 1911. Bd 116. Nr. 8. p. 215. — *Loew, O*, The biological antagonism between calcium and magnesium. Bot. Gaz. IL. p. 304. April 1910. Engl. Ref. Bot. Zentralbl. 1911. Bd. 116. Nr. 8. p. 215.

Die Kohlensäurebestimmung wird gewöhnlich nur ausgeführt, um nach Abzug derselben mit Sand und Kohle die Reinasche ermitteln zu können.

Rückschlüsse auf bestimmte Mengen kohlensaurer Salze in der Pflanze können aus der Kohlensäuremenge der Rohasche bekanntlich nicht gezogen werden.

Bei mehreren Veraschungen desselben Stoffes können bezüglich des Kohlensäuregehaltes der Asche grössere Differenzen sich ergeben. Bei ganz gleichmässigem Arbeiten wird dagegen derselbe Analytiker doch ziemlich übereinstimmende Ergebnisse erzielen.

Ich glaube daher meinen Kohlensäureresultaten auch eine Bedeutung beilegen zu dürfen.

Es ist nicht anzunehmen, dass kohlensaure Salze im jugendlichen Gewebe des Kambiums enthalten sind. Wenn nicht von kohlensauren Salzen stammend, können in der Rohasche solche entweder aus Salzen mit in der Glühhitze flüchtigen Säuren entstehen, oder durch Oxydation organisch gebundener Alkali- und Erdalkalimetalle. Die zuletzt genannten Verbindungen kommen hier in Betracht.

Es ist demnach bemerkenswert, dass die kalkreichere Ulme in der Zeit von Februar bis Mai die drei- bis vierfache Kohlensäuremenge aufweist als die Paulownia. Ulmus und Paulownia haben also nicht die gleichen Mengen organisch gebundener Alkali- bzw. Erdalkalimetalle, sondern ein höherer Kalkgehalt der Kambiumzone bei Ulmus hat auch eine bedeutend höhere organische Bindung des Kalkes in Folge.

Die Kohlensäure der Rohasche weist bei Ulmus wie bei Paulownia eine verhältnismässig gleichprozentige Steigerung in der Zeit von Februar bis Mai auf, trotz bedeutender Kalkabnahme.

Hiernach zu schliessen handelt es sich zur Zeit der Blattbildung nicht um eine Abnahme organischer Kalkverbindungen im Kambium.

Zwischen Mai und August ist die Kohlensäuresteigerung eine ganz enorme. Bei Ulmus hat sich der Prozentgehalt um 5 erhöht, bei Paulownia sogar um mehr als 8. Zu gleicher Zeit konstatieren wir wieder die Kalkerhöhung im Kambium.

Die Annahme liegt also sehr nahe, dass dieser Kalk grösstenteils als organischer Kalk eingewandert ist. Dieser Kalk könnte wieder aus den Blattorganen stammen und mit den Assimilaten gewandert sein. Es ist ja höchst wahrscheinlich, dass der Kalk bei der

Wanderung der Assimilate eine Rolle spielt. Zuletzt hat *E. Ramann*[1]) durch Untersuchungen festgestellt, dass der Kalkgehalt der Blätter am Tage abnimmt und während der Nacht wieder steigt und kommt zu dem Schluss: „Dies Verhalten lässt sich mit dem Transport der Assimilationsprodukte in Beziehung bringen, der am Tage während der Bildung organischer Stoffe stärker ist als zur Nachtzeit; es ist anzunehmen, dass Kalzium in irgend einer Weise beim Transport der Assimilate beteiligt ist."

Die Assimilationsprodukte wandern nach den Orten des Verbrauchs, also auch nach dem Kambium. Auf diese Weise gelangt organisch gebundener Kalk in die Kambiumzone.

Diese Annahmen lassen sich in Einklang bringen mit den Untersuchungsergebnissen von *E. Ramann* und *H. Bauer*[2]), und finden selbst durch die Schlüsse dieser Autoren noch eine Verstärkung. Über Frühjahrsholz und Herbstholz schreiben dieselben: „Die Bildung des Frühjahrsholzes und Herbstholzes der Jahrringe hängt eng mit den Lebensbedingungen der Pflanzen beim Austrieb junger Sprosse zusammen. Frühjahrsholz wird überwiegend aus gespeicherten und reichlich vorhandenen Reservestoffen im Verlauf weniger Tage oder Wochen, also in kurzer Zeit gebildet; das Herbstholz hingegen ist das Produkt fortschreitender Assimilation und langsamer Ablagerung organischer Stoffe."

Es scheint sich also zu bewahrheiten, dass der Kalk beim Transport der Assimilationsprodukte eine grosse Rolle spielt, aber auch weiterhin, bei der Verarbeitung derselben im Kambium, ist seine Gegenwart nicht von geringerer Bedeutung.

Aus meinen Daten ist untrüglich zu ersehen, dass auffallend mit Beginn der Assimilation eine Zunahme organischer Metallverbindungen im Kambium nachweisbar ist. Ebenso auffallend ist es, dass im Laufe des Sommers der Kalkgehalt, der im Frühjahr stark abgenommen hatte, wieder eine starke Zunahme erfährt, indem er sich im Verlauf des Sommers im Vergleich zum Mai ungefähr verdoppelt.

Während die absolute Kalkzunahme im Laufe des Sommers bei Ulmus bedeutend grösser ist als bei Paulownia, zeigt sich dagegen bei letzterer eine bedeutend grössere Vermehrung der Kohlensäure

---

[1]) *Ramann, E.*, Mineralstoffgehalt von Baumblättern zur Tages- und zur Nachtzeit. Jahrbücher f. wiss. Botanik 1911. 50. Bd. 1. Heft. p. 88.

[2]) *Ramann, E.* und *Bauer, H.*, Trockensubstanz, Stickstoff und Mineralstoffe von Baumarten während einer Vegetationsperiode. Jahrb. f. wissensch. Bot. 1911. 50. Bd. I. Heft. p. 72.

in der Rohasche. Die chemische Natur der in das Kambium eingetretenen Kalziumverbindungen ist demnach bei Ulmus und Paulownia nicht ganz gleich. Die Phosphorsäurebestimmung bringt keine Anhaltspunkte über die Verschiedenheit dieser Kalziumverbindungeu.

Vermutlich hat das Ulmuskambium dagegen eine bedeutendere Zunahme stickstoffhaltiger Substanzen zu verzeichnen.

B. Kalk, Magnesia und Phosphorsäure in der lufttrockenen Substanz. (Tabellen III und IV.)

Zu diesen Tabellenaufstellungen wurde ich durch die immer gleichen $Mg_2P_2O_7$ Gewichte veranlasst. Mit dieser eigentümlichen Tatsache hat es folgende Bewandtnis:

Beim Verarbeiten meines — aus praktischen Gründen nur luftgetrockneten — Materials verwandte ich von diesem einerseits zur Säuregemischveraschung, andererseits zur Bestimmung der absoluten Trockensubstanz und der Glühasche immer gleiche Mengen; zur Säuregemisch-Veraschung zirka 30 g., zur Glühasche zirka 12 g. Es wurden alsdann 500 bzw. 200 ccm Aschenlösungen hergestellt und zu den einzelnen Bestimmungen immer wieder gleiche Anzahl Kubikzentimeter verarbeitet.

Es musste mir bald auffallen, dass bei der Magnesiabestimmung die $Mg_2P_2O_7$-Gewichte annähernd gleich blieben, nicht nur für die verschiedenen Untersuchungsperioden, sondern auch gleich für Ulmus und Paulownia.

Mit etwas grösserer Abweichung lagen die Verhältnisse bei der Phosphorsäurebestimmung ähnlich so.

Bei Berechnung der Reinaschentabellen ergaben sich dagegen grosse Unterschiede im Magnesia- und Phosphorsäuregehalt zwischen Ulmus und Paulownia. Die Ulmus-Reinasche enthält nur 3—4 % MgO und 11—14 % P_2O_5, die Reinasche des Paulownia-Kambiums dagegen 10—11 % MgO und 25—31 % P_2O_5.

Da die gleichen Gewichtszahlen aber doch auf eine Gesetzmässigkeit deutlich hinwiesen, war es mir alsbald klar, dass das Magnesium in einem bestimmten Verhältnis zu der lufttrockenen Substanz stehen muss. Die Berechnung des Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäure-Gehaltes auf lufttrockenes Kambium ergibt ein ganz anderes Bild als die Reinaschentabellen. Die grosse Magnesia- und Phosphorsäure-Differenz zwischen Ulmus und Paulownia ist hier ganz ausgeglichen.

Das prozentische Kalkverhältnis hat sich dagegen bei diesem Ansatz sogar noch erheblich erweitert. (Vgl. auch Tabellen 9 und 10.)

In der Reinasche steht das Kalkverhältnis zwischen Paulownia und Ulmus im Durchschnitt wie 1:2,4, in der lufttrockenen Substanz wie 1:6,6.

Dies letztgenannte Verhältnis kennzeichnet die Paulownie richtig als kalkärmere Pflanze gegen die sehr kalkreiche Ulme. Aus der Aschenzusammensetzung ist eine richtige Vorstellung über die Bedeutung des Kalkes für die beiden Bäume nicht zu gewinnen.

Beim Vergleich des durchschnittlichen Magnesiaverhältnisses zwischen Paulownia und Ulmus in der Reinasche, steht dasselbe wie 1:0,36, in der lufttrockenen Substanz dagegen fast gleich.

Zum Zwecke besserer Übersicht habe ich die Verhältniszahlen in Tabellen 9 und 10 zusammengestellt.

Fast ebenso gleich steht das Magnesiaverhältnis in der absoluten Trockensubstanz. In der frischen Substanz berechnet sich sogar das Magnesiaverhältnis für Ulmus höher als für Paulownia.

Betrachtet man in gleicher Weise das Phosphorsäureverhältnis, das in der Reinasche so stark divergiert, so finden wir dieselben Eigentümlichkeiten, in lufttrockener Substanz und absoluter Trockensubstanz ist fast kein Unterschied zu beobachten. Wir sehen also auch beim Vergleich der Phosphorsäure vom Ulmus- und Paulowniakambium, dass sich die Verhältniszahlen in der lufttrockenen Substanz am meisten genähert haben.

In der frischen Substanz berechnet sich auch die Phosphorsäure für Ulmus höher als für Paulownia.

Ich lege der eigentümlichen Tatsache, dass sich die Magnesia- und Phosphorsäure-Verhältnisse im Kambium so verschiedenartiger Bäume wie Ulmus und Paulownia in der lufttrockenen Substanz bzw. der absoluten Trockensubstanz ganz gleich gestalten, eine entsprechende Bedeutung bei.

Für Magnesia ist noch besonders beachtenswert, dass nicht nur dies Durchschnittsverhältnis zwischen Ulmus und Paulownia dasselbe ist, sondern dass auch zu den verschiedenen Zeiten bei beiden Pflanzen kaum nennenswerte Magnesiaschwankungen im Kambium nachgewiesen werden können, während in den Untersuchungszeiten die Phosphorsäure doch bedeutendere Schwankungen zeigt.

Es liegen hier Gesetzmässigkeiten vor, über die bisher noch nichts bekannt ist.

Ob das Kambium sich in regster Tätigkeit befindet oder im Ruhezustand, ob der Wassergehalt ein hoher oder niedriger ist, ob besonders der Kalkgehalt die grössten Veränderungen aufweist: Die Magnesia bleibt im Kambium ganz verschiedenartiger Bäume und in allen Perioden konstant.

Der Magnesiagehalt ist unabhängig von der Kalkmenge und der Gesamtasche.

Das Magnesium befindet sich in organisch fester Verbindung im Protoplasma.

Schon bei Betrachtung der Reinaschentabellen zeigten sich die engen Beziehungen zwischen Magnesia- und Phosphorsäuregehalt.

Dass die enorme Gehaltdifferenz der Phosphorsäure zwischen Ulmen- und Paulownienkambiumasche in der lufttrockenen und absolut trockenen Substanz sich in ähnlicher Weise wie die Magnesia ausgleicht, deutet auf eine auf gleicher Basis ruhende Gesetzmässigkeit, wie sie für Magnesia gilt.

Die zeitlichen Phosphorsäure-Schwankungen beweisen, wie schon erwähnt, wiederum, dass die Magnesia nicht allein den Phosphorsäuregehalt beeinflusst.

Sicher haben wir es aber hier mit einer Magnesia-Phosphorverbindung zu tun, mit einem im Leben der Zelle äusserst wichtigen Faktor, der keine Verschiebungen erleidet.

C. Kalk, Magnesia und Phosphorsäure in der absoluten Trockensubstanz. (Tabellen V und VI.)

Diese Tabellen geben im wesentlichen dasselbe Bild wie die Tabellen III und IV. Ich habe sie auch aus diesem Grunde aufgestellt, um darzutun, dass bei phytochemischen Untersuchungen die Bestimmung der lufttrockenen Substanz genügt, um durchaus zuverlässige Resultate zu erhalten, die auch nur wenig von den Resultaten der absoluten Trockensubstanz abweichen.

Ich bin sogar der Ansicht, dass für physiologisch-chemische Studien die lufttrockene Substanz als Ausgangsmaterial den Vorzug verdient.

Die chemische Zusammensetzung dieses Materials weicht nur wenig von der natürlichen, der frischen Substanz ab. Ich fand auch in den einzelnen Werten eine bessere Übereinstimmung in den lufttrockenen Materialien als in der bei 100° getrockneten Masse. Bei dieser bemerkte man, ehe man annehmen konnte, dass das Material

wasserfrei sei, schon Oxydationswirkung und dadurch schliesslich sogar eine Gewichtszunahme.

Das gefundene niedrigste Gewicht wurde den Berechnungen für die absolute Trockensubstanz zugrunde gelegt. Ob aber zwischen diesem niedrigsten Gewicht und der nächsten bereits höheren Wägung nicht noch eine weitere Gewichtsabnahme lag, kann natürlich nicht konstatiert werden. Andererseits wird nicht nur Wasser verflüchtigt, sondern auch organische Stoffe. Der kräftige, an frisches Backobst erinnernde Geruch besagt das schon.

Beim Trocknen in einem anderen Medium als Luft kann auch nicht ohne weiteres angenommen werden, dass diese (z. B. Kohlensäure, Wasserstoff) sich etwa indifferent verhalten.

Ich beobachtete auch, dass es durchaus nicht gleichgültig war, ob man frisches Kambium sofort zur Bestimmung der absoluten Trockensubstanz in den Wassertrockenschrank brachte, oder ob man die Substanz erst lufttrocken werden liess. Die Ergebnisse waren derart, dass ich nicht sagen kann, die Gewichtskonstanz ist nach ersterem Modus höher gelegen oder niedriger. Beim Ulmenkambium fand ich stets ein höheres Endgewicht, also mehr Trockensubstanz als auf dem Wege über die lufttrockene Substanz. Bei Paulownia konstatierte ich dies nur bei dem Februar- und April-Kambium, dagegen einen grösseren Gewichtsverlust aus dem Mai- und August-Kambium. Dass diese Erscheinung mit dem geringeren oder grösseren Wassergehalte des Kambiums im Zusammenhang steht, ist sehr wahrscheinlich.

Das bei 100° getrocknete Material, besonders von Paulownia, war so hygroskopisch, dass durch mehrstündiges Stehenlassen beinahe das Gewicht der lufttrockenen Substanz erreicht werden konnte.

Aus meinen gefundenen Werten geht ohne weiteres hervor, dass sich bei Zugrundelegung der lufttrockenen Substanz vollwertige Resultate ergeben. In der lufttrockenen Substanz weichen sogar die MgO und P_2O_5-Werte — wenn auch um Geringes — doch noch weniger in den Untersuchungszeiten voneinander ab, als in der absoluten Trockensubstanz.

Jedenfalls enthält die lufttrockene Substanz im Gegensatz zur 100grädigen Trockensubstanz die organischen Verbindungen vollständiger und in kaum veränderter natürlicherer Form. Die Unveränderlichkeit und Keimfähigkeit luftgetrockneter Samen, Sporen und Pollenkörner liefern auch Beweise dafür.

D. Kalk, Magnesia und Phosphorsäure im frischen Kambium. (Tabellen VII und VIII.)

Sämtliche Rubriken dieser Tabellen beziehen sich auf die frische Substanz, die beiden ersten sind, wie in den vorher besprochenen Tabellen, nur zur besseren Übersicht hier nochmals angeführt.

In der Reinasche des frischen Ulmenkambiums ergeben sich im Gegensatz zum Paulownienkambium ganz abweichende Verhältnisse. Nur im April zeigt der Aschengehalt der frischen Substanz bei der Ulme eine grössere Abnahme gegen Februar, nimmt dann im Mai, trotz Abnahme der Trockensubstanz wieder zu und bleibt im August auf demselben Stand, ungeachtet des weiteren Rückganges der Trockensubstanz, bezw. der fortschreitenden Wasserbereicherung.

Im Vergleich zum Paulownienkambium ist die Wasseraufnahme im Ulmenkambium in der ganzen Vegetationszeit gering.

Der Mineralbestand im frischen Ulmenkambium ist 3—6 mal so hoch als im Paulownienkambium, was aber keinen Einfluss auf den Magnesia- und Phosphorsäuregehalt dieser frischen Kambien hat. Es muss auch hier auffallen, dass im Februar und April die Magnesia und Phosphorsäure bei beiden Kambien einen ziemlich gleichen Prozentsatz der frischen Substanz ausmachen, ungeachtet der sonst ganz verschiedenen Aschenzusammensetzung.

Die Verschiebung im Mai und August ist nur durch den Wassergehalt bedingt.

Ein Blick auf die Trockensubstanz-Rubriken klärt uns dies Magnesia- und Phosphorsäureverhältnis in schon bekannter Weise auf: Die Trockensubstanz gibt hier den Ausschlag! Wie durch die Wasseraufnahme die Trockensubstanz, so nimmt im gleichen Masse auch die Magnesia und, mit geringer Abweichung, auch die Phosphorsäure ab.

Im frischen Paulownienkambium bemerkt man von Februar bis April noch eine kleine Aschenzunahme, trotz schon geringer Abnahme der Trockensubstanz in gleicher Zeit.

Mit Beginn der Knospentriebzeit beobachtet man, reziprok der Wasseraufnahme, eine Reinaschenabnahme, die bis August fortschreitet, um mehr als die Hälfte gegen den prozentischen Gehalt im Winter.

Unter demselben Einfluss der beträchtlichen Wasserbereicherung stehen bei Paulownia im Mai und August auch die Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäure-Mengen.

Der Kalkgehalt fällt im Mai — aber auch infolge der Auswanderung — sogar auf $^1/_5$ der Aprilmenge, um im August ungeachtet weiterer Wasserzufuhr durch Einwanderung wieder auf unge-

fähr 1/3 des Aprilstandes zu steigen, wogegen Reinasche, Magnesia und Phosphorsäure noch weiter sinken.

Die phänomenale Wasserbereicherung des Paulownienkambiums hat als Hauptfaktor diese Verhältnisse geschaffen.

Wirft man wieder einen Blick auf die Verhältnisse in der lufttrockenen Substanz oder der absoluten Trockensubstanz der Paulownie, so glaubt man auch hier den Einfluss der Wasserberieselung in der Kalzium- und Phosphorsäurerubrik bis zum gewissen Grade im Mai und August zu erkennen, was am besten auffällt, wenn man dieselben Tabellen der Ulme damit vergleicht.

Gerade bei diesen Betrachtungen fällt wieder auf, dass die Magnesia in den Trockensubstanzen allen Einflüssen standhält.

Ich finde meine Annahme nochmals bestätigt, dass die Magnesia in einem bestimmten Verhältnis zur Trockensubstanz des Kambiums steht, sich bei den grössten Verschiebungen der anderen Mineralstoffe ganz neutral verhält, dass durch enorme Wasserberieselung an der Magnesiakonstanz der Trockensubstanz nichts geändert wird, sich die Magnesia demnach nur in fester organischer, nur imbibitionsfähiger Form im Kambium befindet.

Dass der Phosphorsäuregehalt sich einerseits sehr auffallend dem der Magnesia anpasst, haben wir in den bisher betrachteten Tabellen wiederholt wahrgenommen, doch zeigen sich auch hier in der frischen Substanz des Ulmen- und Paulownienkambiums wieder die Schwankungen im Gehalt, die darauf hinweisen, dass die Phosphorsäure nicht ausschliesslich mit der Magnesia in Verbindung steht. Die Gesetzmässigkeiten für die Magnesia haben nicht vollständig, aber doch zum grössten Teil auch für die Phosphorsäure Gültigkeit.

Ein kleinerer Teil der Phosphorsäure ist dagegen im löslichen wanderungsfähigen Zustand im Kambium, was auch der Einfluss der Wasserbereicherung auf den Gehalt der Phosphorsäure in der Trockensubstanz beweist.

Das Verhältnis der Phosphorsäure zum Kalk lässt sich in der frischen Substanz am besten beleuchten durch die gleichzeitigen enormen Abnahmen; bei der Ulme zwischen Februar und April, bei der Paulownie zwischen April und Mai.

Merkwürdig ist, dass bei der Paulownie die Wasserbereicherung eine ganz allgemeine Herabsetzung der Mineralstoffe im Kambium bewirkt. Für die Magnesia und bis zum gewissen Grade auch für die Phosphorsäure haben wir eine für beide Versuchsbäume einwandfreie Erklärung für diese Herabsetzung gefunden; wie mit der

Wasserzunahme die Trockensubstanz abnimmt, so muss in gleichem Masse auch die Magnesia und ähnlich auch die Phosphorsäure sinken.

Wir finden aber in dem frischen Kambium der Ulme das Wasserverhältnis nicht auch in der Reinasche und im Kalkgehalt merklich ausgedrückt. Es lässt sich im Gegenteil erkennen, dass die Konzentration der Mineralstoffe im Ulmenkambium auf ziemlich gleicher Höhe bleibt, während, nach der Reinasche im frischen Paulownienkambium zu schliessen, von einer solchen Verdünnung gesprochen werden könnte, als sei vollständig mineralfreies Wasser ins Kambium gelangt. Nur der Kalk erfährt zwischen Mai und August nach dem vorhergegangenen grossen Sturz eine relativ hohe Steigerung (über 60 %), wie diese analog auch bei der Ulme angetroffen wurde (über 90 %).

Der grosse Wassergehalt mit gleichbedeutender Herabsetzung der Mineralsubstanz im Kambium der Paulownia, ferner die gleichzeitige Steigerung des Kalkgehaltes bei Ulmus und Paulownia weisen daraufhin, dass zwischen Mai und August im Kambium der abwärts führende Assimilationsstrom angetroffen wird.

Im Zusammenhang damit erklärt es sich, weshalb die abgesägten Äste so stark bluteten, während an der Stammwunde ein Bluten nicht beobachtet werden konnte. (In der Zeit des Saftsteigens bluten mitunter die verletzten Stämme sehr stark.)

Man könnte annehmen, dass im Assimilationsstrome der Paulownie als einziger Mineralbestandteil Kalzium mitgeführt würde. Für die grundverschiedenen Befunde der Reinaschen im frischen Ulmen- und Paulownienkambium kann ich keine andere Erklärung finden, als dass dies in der grossen Verschiedenartigkeit der Bäume selbst liegt.

Die Ulme gehört nach *E. Ramann* und *H. Bauer* in jene Gruppe von Bäumen mit Spitzenwachstum in der ganzen Vegetationszeit.

Eine ältere Paulownie macht einen starken Trieb im Mai und treibt im Spätsommer die grossen Blütenrispen-Knospen für die nächstjährige Vegetationszeit. Dass sich diese verschiedenen Wachstumsverhältnisse, auch die verschiedene Zusammensetzung der Holzkörper[1]), (Paulownia bildet kein Kernholz) in besonderer Weise auch in dem Aschengehalt des Kambiums ausprägen, ist wohl anzunehmen.

[1]) Im Kernholz der Ulme ist nach *Molisch* kohlensaurer Kalk in kristallinischer Form anzutreffen.

Molisch, H., Sitzber. d. Wiener Akad. d. Wiss., math.-phys. Kl. Bd. 84. Abt. I. 1882. Über Ablagerungen von kohlensaurem Kalk im Stamme dikotyler Holzgewächse. p. 7.

E. Vergleich der Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäure-Verhältniszahlen in der Reinasche, Trockensubstanz, lufttrockenen Substanz und frischen Substanz des Ulmen- nnd Paulownienkambiums aus dem Mittel der sämtlichen Untersuchungen. (Tabellen IX und X.)

Durch die bisher angestellten Vergleiche erzielten wir je nach der Berechnung auf das lebendfrische Kambium, oder auf die Trockensubstanzen, oder auf die Reinasche so wechselvolle Bilder, dass nicht so schlechtweg an der Hand der geschilderten Tabellen zu entscheiden ist, welches Kambium den höchsten Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäuregehalt besitzt. Je nach Zugrundelegung der verschiedenen Substanzen könnte man zu verschiedenen Ansichten gelangen.

Nach Vergleich der Reinaschentabellen (Tabellen I und II) könnte man leicht zu der Überzeugung kommen, dass das Ulmenkambium kalkreicher, das Paulownienkambium dafür aber reicher an Magnesia und Phosphorsäure wäre. Zieht man aber einen Vergleich zwischen den mittleren Werten aus den sämtlichen Untersuchungszeiten der Reinaschen, Trockensubstanzen und frischen Substanzen, so ergibt sich für den Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäuregehalt der beiden Kambien folgendes:

Kalk: Das Verhältnis steht in der Reinasche am nächsten, bezogen auf Paulownia = 1 : 2,4. Es erweitert sich und steht am weitesten in der frischen Substanz, bezogen auf Paulownia = 1 : 7,5. Welche Substanz man auch zugrundelegt, Ulmus ist kalkreicher.

Magnesia: Am nächsten, fast gleich steht das Verhältnis in der lufttrockenen Substanz, bezogen auf Ulmus = 1 : 1,03. Hier erweitert sich nun das Verhältnis nach zwei Seiten und steht am weitesten in der Reinasche, wo Paulownia magnesiareicher ist, bezogen auf Ulmus = 1 : 2,79. Nach der anderen Seite kehrt sich das Verhältnis um. Auf frische Substanz berechnet, ist Ulmus magnesiareicher. Das Verhältnis ist, bezogen auf Paulownia = 1 : 1,3.

Phosphorsäure: In der Reinasche enthält das Paulowniekambium mehr Phosphorsäure, das Verhältnis steht hier, bezogen auf Ulmus = 1 : 2,31. In der Trockensubstanz hat sich das Verhältnis am meisten genähert, steht aber schon hier im Ulmenkambium höher und zwar, bezogen auf Paulownia = 1 : 1,13.

Auf frische Substanz berechnet, ist Ulmus reicher auch an Phosphorsäure und steht hier das Verhältnis, bezogen auf Paulownia = 1 : 1,46.

In folgendem ist zur Übersicht zusammengestellt, welches Kambium in der Reinasche, Trockensubstanz, lufttrockenen Substanz und frischen Substanz den höheren Gehalt an Kalk, Magnesia und Phosphorsäure enthält:

	Kalk.	**Magnesia.**	**Phosphorsäure.**
Reinasche:	Ulmus	Paulownia	Paulownia
Trockensubstanz:	Ulmus	Paulownia-Ulmus	Ulmus-Paulownia
lufttrock. Substanz:	Ulmus	Paulownia-Ulmus	Ulmus-Paulownia
frische Substanz:	Ulmus	Ulmus	Ulmus

Das kalkreichere Kambium besitzt also die Ulme. Es wäre nicht richtig anzunehmen, dass das Paulownienkambium deswegen reicher an Magnesia und Phosphorsäure sei, weil es in der Reinasche so bedeutend mehr an diesen Stoffen enthält als das Ulmenkambium. Hauptsächlich der verschieden hohe Kalkgehalt der Kambien beider Bäume bedingt diese Magnesia-Differenz. Umgekehrt wäre es ebenso verfehlt das Ulmenkambium für magnesia- und phosphorsäurereicher zu halten, weil sich das Verhältnis in der frischen Substanz aus den mittleren Werten der vier Untersuchungsperioden so ergeben hat. Hätte ich nur das Mittel der Februar- und Apriluntersuchungen zugrunde gelegt, so würde das Verhältnis der Magnesia- und Phosphorsäure in beiden Kambien sich gleich gestalten. Die Schuld an der Verschiebung des Verhältnisses aus dem Mittel der vier Untersuchungsperioden trägt die abnorme Wasseraufnahme des Paulowniekambiums im Mai und August. Man muss den Gehalt der Trockensubstanzen zugrunde legen und zwar verdient, wie oben erwähnt, die lufttrockene Substanz, in der das Magnesiaverhältnis am nächsten steht, den Vorzug.

Kalkreicher ist also das Ulmenkambium. Der Magnesia- und Phosphorsäuregehalt ist im Ulmen- und Paulowniakambium als gleich zu betrachten. Keine Pflanze hat in dieser Beziehung etwas der anderen voraus.

V. Tabellen.

Tabelle I.

Ulmus campestris (Kambiumzone).

Tag der Entnahme	Lufttrockene Substanz %	Absolute (b. 100°) Trockensubstanz	In der Trockensubstanz % Rohasche	In der Rohasche			In der Trockensubstanz % Reinasche	In der Reinasche		
				% Kohle	% Sand	% Kohlensäure		% CaO	% MgO	% P_2O_5
17. Februar	44,12	42,96	10,83	6,23	1,14	11,60	8,78	46,03	**3,59**	**14,33**
18. April	37,61	35,12	9,68	Spuren	0,39	13,30	8,35	41,47	**4,32**	**11,60**
16. Mai	36,41	34,20	11,15	1,19	0,37	14,47	9,36	29,80	**3,85**	**11,11**
1. August	33,12	31,15	12,91	0,19	0,44	19,85	10,27	56,93	**3,38**	**12,48**

Tabelle II.

Paulownia tomentosa (Kambiumzone).

Tag der Entnahme	Lufttrockene Substanz %	Absolute (b. 100°) Trockensubstanz	In der Trockensubstanz % Rohasche	In der Rohasche			In der Trockensubstanz % Reinasche	In der Reinasche		
				% Kohle	% Sand	% Kohlensäure		% CaO	% MgO	% P_2O_5
20. Februar	41,25	38,31	3,27	Spuren		3,03	3,17	21,77	**10,83**	**31,48**
18. April	38,74	35,78	3,81	—	1,11	3,61	3,63	24,45	**10,14**	**32,83**
19. Mai	20,06	17,88	4,30	0,62	1,23	4,18	4,04	8,44	**10,84**	**24,56**
2. August	18,44	17,16	3,82	Spuren	1,15	12,40	3,30	17,43	**10,29**	**25,53**

Tabelle III.

Ulmus campestris (Kambiumzone).

Tag der Entnahme	Lufttrockene Substanz %	In der lufttrockenen Substanz		
		% CaO	% MgO	% P_2O_5
17. Februar	44,12	3,93	0,31	1,22
18. April	37,61	3,24	0,34	0,91
16. Mai	36,41	2,62	0,34	0,98
1. August	33,12	5,50	0,33	1,21

Tabelle IV.

Paulownia tomentosa (Kambiumzone).

Tag der Entnahme	Lufttrockene Substanz %	In der lufttrockenen Substanz		
		% CaO	% MgO	% P_2O_5
20. Februar	41,25	0,64	0,32	0,93
18. April	38,74	0,82	0,34	1,10
19. Mai	20,06	0,30	0,39	0,89
2. August	18,44	0,54	0,32	0,78

Tabelle V.

Ulmus campestris (Kambiumzone).

Tag der Entnahme	Lufttrockene Substanz %	Absolute (bei 100°) Trockensubstanz %	In der absoluten Trockensubstanz		
			% CaO	% MgO	% P_2O_5
17. Februar	44,12	42,96	4,04	0,32	1,26
18. April	37,61	35,12	3,47	0,36	0,97
16. Mai	36,41	34,20	2,79	0,36	1,04
1. August	33,12	31,15	5,85	0,35	1,28

Tabelle VI.

Paulownia tomentosa (Kambiumzone).

Tag der Entnahme	Lufttrockene Substanz %	Absolute (bei 100°) Trockensubstanz %	In der absoluten Trockensubstanz		
			% CaO	% MgO	% P_2O_5
20. Februar	41,25	38,31	0,69	0,34	1,00
18. April	38,74	35,78	0,89	0,37	1,19
19. Mai	20,06	17,88	0,34	0,44	0,99
2. August	18,44	17,66	0,58	0,34	0,84

Tabelle VII.

Ulmus campestris (Kambiumzone).

Tag der Entnahme	In frischer Substanz					
	% Luft-trockene Substanz	% Absolute Trocken-substanz	% Reinasche	% CaO	% MgO	% P_2O_5
17. Februar	44,12	42,96	3,77	1,74	0,14	0,54
18. April	37,61	35,12	2,93	1,22	0,13	0,34
16. Mai	36,41	34,20	3,20	0,95	0,12	0,36
1. August	33,12	31,15	3,20	1,82	0,11	0,40

Tabelle VIII.

Paulownia tomentosa (Kambiumzone).

Tag der Entnahme	In frischer Substanz					
	% Luft-trockene Subtanz	% Absolute Trocken-substanz	% Reinasche	% CaO	% MgO	% P_2O_5
20. Februar	41,25	38,31	1,21	0,26	0,13	0,38
18. April	38,74	35,78	1,30	0,32	0,13	0,43
19. Mai	20,06	17,88	0,72	0,06	0,08	0,18
2. August	18,44	17,16	0,57	0,10	0,06	0,14

Tabelle IX.

Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäure-Verhältnis zwischen Paulownia und Ulmus.

Aus dem Mittel der vier Untersuchungsperioden berechnet auf	Ca O	Mg O	P_2O_5
Reinasche	1 : 2,4	1 : 0,36	1 : 0,43
Trockensubstanz	1 : 6,4	1 : 0,95	1 : 1,13
Lufttrockene Substanz	1 : 6,6	1 : 0,97	1 : 1,16
Frische Substanz	1 : 7,5	1 : 1,30	1 : 1,46

Tabelle X.

Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäure-Verhältnis zwischen Ulmus und Paulownia.

Aus dem Mittel der vier Untersuchungsperioden berechnet auf	Ca O	Mg O	P_2O_5
Reinasche	1 : 0,41	1 : 2,79	1 : 2,31
Trockensubstanz	1 : 0,16	1 : 1,06	1 : 0,89
Lufttrockene Substanz	1 : 0,15	1 : 1,03	1 : 0,86
Frische Substanz	1 : 0,13	1 : 0,77	1 : 0,68

Tabelle XI.

% Kalk, Magnesia, Phosphorsäure im Mittel der vier Untersuchungen. Ulmus.

Berechnet auf	CaO	MgO	P_2O_5
Reinasche	43,56	3,79	12,38
Trockensubstanz	4,04	0,35	1,14
Lufttrockene Substanz	3,82	0,33	1,08
Frische Substanz	1,43	0,13	0,41

Tabelle XII.

% Kalk, Magnesia, Phosphorsäure im Mittel der vier Untersuchungen. Paulownia.

Berechnet auf	CaO	MgO	P_2O_5
Reinasche	18,02	10,53	28,60
Trockensubstanz	0,63	0,37	1,01
Lufttrockene Substanz	0,58	0,34	0,93
Frische Substanz	0,19	0,1	0,28

Tabelle XIII.

100 qcm der Kambiumzone lieferten von Ulmus:

Datum	Frische Substanz	Lufttrockene Substanz
17. Februar	3,89 g	1,72 g
18. April	2,81 g	1,06 g
16. Mai	4,26 g	1,55 g
1. August	1,82 g	0,60 g

Tabelle XIV.

100 qcm der Kambiumzone lieferten von Paulownia:

Datum	Frische Substanz	Lufttrockene Substanz
20. Februar	2,96 g	1,22 g
18. April	2,67 g	1,03 g
19. Mai	5,38 g	1,08 g
2. August	2,85 g	0,53 g

Tabelle XV.

Im Mittel der vier Untersuchungen wurde aus 100 qcm gewonnen:

	Frische Substanz:	Lufttrockene Substanz:
Ulmus:	3,20 g	1,23 g
Paulownia:	3,47 g	0,97 g

Durchschnittlich wurden 100 g Kambium gewonnen:

bei Ulmus: aus 3495 qcm
bei Paulownia: aus 3122 qcm

Tabelle XVI.

Um 100 Gramm Kambium zu erhalten, mussten abgekratzt werden:

bei Ulmus		bei Paulownia	
17. Februar	2573 qcm	20. Februar	3375 qcm
18. April	3558 qcm	18. April	3745 qcm
16. Mai	2347 qcm	19. Mai	1860 qcm
1. August	5500 qcm	2. August	3507 qcm

VI. Zusammenfassung der Hauptergebnisse.

A. Allgemeine Erfahrungen zur Methode.

1. Die Brauchbarkeit der Säuregemischveraschungsmethode nach *Neumann* hat sich auch für phytochemische Untersuchungen erwiesen.

2. Die Methode der Säuregemischveraschung ist einfacher und liefert für die in Betracht kommenden Bestimmungen exaktere Resultate als die Glühaschenmethode.

3. In der Säuregemischasche liegen die Werte für Kalk und Magnesia etwas niedriger als in der Glühasche, in welcher durch Verflüchtigung anderer Mineralbestandteile Kalk und Magnesia angereichert werden.

4. Für die Phosphorsäurebestimmung erwiesen sich in vielen Fällen beide Veraschungsmethoden als gleichwertig. Mitunter lag aber der Phosphorsäuregehalt in der Glühasche merklich tiefer. In solchen Analysen war die Anreicherung von Kalk und Magnesia besonders auffallend.

5. Für die Veraschung kalkreicher Substanzen wäre es vorteilhafter, wenn an Stelle der Schwefelsäure bei der Säureveraschungsmethode ein anderes dehydrogenisierendes Agens angewendet werden könnte [1]).

6. Durch Vergleich der Resultate der Säuregemischaschenanalyse und der Glühaschenanalyse tritt deutlich zutage, welche Veränderungen in der Zusammensetzung der Asche schon bei Anwendung niedriger Temperatur zu der Veraschung entstehen.

B. Chemisch-physiologische Ergebnisse.

1. Die verschiedentlich ausgesprochenen Vermutungen, dass der Wassergehalt des Kambiums im Frühjahr am höchsten stehe und gegen Spätsommer abnehme, haben sich nicht bestätigt.

2. Der Wassergehalt in der Kambiumzone nimmt in der Vegetationszeit ständig zu, ganz rapid während des Ausschlagens der Triebe. Er steht im Verhältnis zur Triebstärke der Bäume und zur Stärke des Dickenwachstums. Bis zum August konnte eine weitere

[1]) Weil die Anwendung zu grosser Schwefelsäuremengen bei der Veraschung die Phosphorsäurebestimmung beeinträchtigt, hat *Aron* schon dahin sich ausgesprochen, dass es eine Verbesserung der Methode bedeuten würde, wenn die Schwefelsäure durch einen Ersatz ausgeschaltet werden könnte.

Steigerung des Wassergehaltes im Kambium konstatiert werden, trotz der abnormen Trockenheit dieses Sommers (1911).

3. Im Frühjahr wird das Kambium mehr mit anorganischen Salzen ernährt, später immer mehr durch organische. (Der wachsende Kohlensäuregehalt der Asche weist darauf hin.)

4. Die allgemein verbreitete Annahme, dass im Kambium keine Kalziumverbindungen enthalten seien, ist irrig; Kalzium und Magnesium sind integrierende Bestandteile auch der Kambiumzellen.

5. In der Knospentriebzeit zeigt sich im Kambium eine ganz enorme Abnahme des Kalkgehaltes.

6. Der Reinaschengehalt der Trockensubstanz erfährt dann sogar noch eine Steigerung, wenn der Kalkgehalt der Asche um 25 bzw. 55 % sinkt. An Stelle des Kalziums tritt also ein anderes Element, vermutlich Kalium.

7. Das Kambium hat in verschiedenen Perioden ein wechselndes Kalkbedürfnis entsprechend der wechselvollen Aufgabe des Kambiums in der Bildung dickwandiger und dünnwandiger Elemente des Holz- und Bastteiles.

8. Im Laufe der Assimilationszeit nimmt der Kalkgehalt im Kambium wieder zu und erreicht seinen früheren Stand wieder, kann ihn auch noch bedeutend übertreffen.

9. Durch die starke Zunahme — Verdoppelung — des Kalkgehaltes der Asche im Laufe des Sommers ist keine Vermehrung des Aschengehaltes der Trockensubstanz bedingt. Das vertretende Element muss demnach wieder abgegeben worden sein.

10. Ein höherer Kalkgehalt der Kambiumzone hat auch eine bedeutend höhere organische Bindung von Kalzium in Folge.

11. Alle Anzeichen deuten darauf hin, dass der Kalk als anorganisches Salz im Frühjahr aus dem Kambium auswandert und im Sommer in organischer Form wieder zurückkehrt.

12. In der Assimilationszeit erhält das Kambium seine Nahrungszufuhr nur aus dem Assimilationsstrom; von Mineralstoffen findet hierbei nur eine Zunahme von Kalzium statt.

13. Die Annahme, dass Kalzium an der Leitung der Assimilate beteiligt sei, findet eine weitere Stütze. Die mannigfaltigen Veränderungen des Kalziums im Kambium in Gehalt und Form könnten in Anlehnung an diese Theorie eine plausibele Erklärung erhalten.

14. Der Kalk spielt aber nicht nur beim Transport der Assimilate eine grosse Rolle, sondern auch weiterhin bei Verarbeitung der Assimilate im Kambium.

15. Der Magnesiumgehalt im Kambium ganz verschiedenartiger Bäume ist unabhängig von der Gesamtasche und deren Zusammensetzung, steht aber in einem bestimmten und konstant bleibenden Verhältnis zur Trockensubstanz. Mit der Ab- oder Zunahme der Trockensubstanz im Kambium verschiebt sich also in gleicher Weise auch Magnesia und mit geringer Abweichung auch die Phosphorsäure.

16. Das Magnesium steht in keinerlei Wechselbeziehungen zum Kalzium.

17. Der grösste Wechsel in der Aschenzusammensetzung, besonders die Verschiebung des Kalkgehaltes, übt auf den Magnesiagehalt keinen Einfluss aus.

18. Zwischen Phosphorsäure und Magnesia bestehen enge Beziehungen. Ein hoher Magnesiagehalt der Asche bedingt auch einen entsprechend hohen Phosphorsäuregehalt und umgekehrt.

19. Die Magnesia befindet sich in organisch fester Verbindung im Protoplasma.

20. Die Phosphorsäure hat auch Beziehungen zum Kalk. Die Kalkschwankungen in der Vegetationszeit bewirken auch ein Steigen und Fallen der Phosphorsäure. Diese Phosphorsäureschwankungen sind aber relativ gering. Die Beziehungen zur Magnesia sind grösser.

21. Kalk und Magnesia sind allein für den Stand der Phosphorsäure in der Kambiumasche noch nicht völlig ausschlaggebend. Die Phosphorsäure steht in stärkerem oder schwächerem Kontakt mit allen für die Ernährung wichtigen Metallen.

22. Der Phosphorsäuregehalt, der wie die Magnesia in der Aschenzusammensetzung des Kambiums verschiedenartiger Bäume sehr weit auseinander liegen kann, ist in der Trockensubstanz in ziemlich gleichem, bestimmtem Prozentsatz vertreten, so dass eine auf gleicher Basis ruhende Gesetzmässigkeit für die Phosphorsäure wie für die Magnesia gilt.

23. Das Ulmenkambium ist kalkreicher als das Paulownienkambium. Der Magnesia- und Phosphorsäuregehalt ist aber im Kambium beider Bäume als gleich zu betrachten.

C. Beziehungen derselben zur Gewebebildung.

1. Das Dickenwachstum setzt vor Beginn der Triebzeit ein.

2. Die Kambiumtätigkeit wechselt während der Vegetationszeit periodisch mehr oder minder deutlich nach aussen und innen.

3. Der erste Wechsel der Kambiumtätigkeit von innen nach aussen tritt nach einer Ruheperiode dann ein, wenn der Kalkgehalt im Kambium am niedrigsten ist.

4. Bis zur Zeit der Blattbildung hat das Kambium einen grossen Teil des Holzjahrringes schon gebildet, aber noch keine Siebelemente. Die Streckung der Zellwände, die Bildung grosslumiger Gefässe erfolgt in kurzer Zeit im ersten Triebstadium der Knospen.

5. Solange das Kalzium durch ein anderes Element (K?) im Kambium vertreten ist, stockt die Jungholz-Neuzellbildung; zu dieser Zeit beginnt erst die Bildung dünnwandiger Siebelemente.

6. Während der Kalkgehalt im Kambium wieder zunimmt, werden im Bastteil und Holzteil dickwandigere Elemente gebildet, die dickwandigsten dann, wenn der Kalkgehalt wieder am höchsten steht.

Anhang.

Weitere verwandte Literatur.

Abderhalden, E., Neuere Anschauungen über den Bau und den Stoffwechsel der Zelle. Berlin 1911. J. Springer. 37 pp.

Bauer, H., Stoffbildung und Stoffaufnahme in jungen Nadelhölzern. Eine forstchemische Untersuchung. Naturwiss. Zeitschr. Forst- und Landwirtsch. 1910. VIII. 10. p. 457—498.

— Stoffbildung und Stoffaufnahme in jungen Laubhölzern. Naturw. Zeitschr. Forst- und Landwirtsch. 1911. IX. 9. p. 409.

Bonnier, G., Remarques sur les différences que présente l'Ononis natrix cultivé sur un sol calcaire ou sur un sol sans calcaire. Bull. de Société botanique de France. T. 41.

Chancerel, L., Action des engrais sur les végétaux ligneux. Diss. Paris 1909. Vigot frères.

Colin, H. u. *J. de Rufz de Lavison*, Absorption comparée des sels de baryum, strontium, calcium. Rev. gen. Bot. 1910. XXII. 261. p. 337—344.

Czapek, F., Über Fällungsreaktionen in lebenden Pflanzen und einige Anwendungen derselben. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 28. Jahrg. Heft 5. 1910. p. 147—159.

Dassonville, Influence des sels minéraux sur la forme et la structure des végétaux. Rev. gen. de Bot. 1896. T. VIII. p. 284.

Delèano, N. T., Etude sur le rôle et la fonction des sels minéraux dans la vie de la plante. Inst. de Bot. de Genève. 8. sér. fasc. 2 & 3 1908. Vergl. auch 7. sér. 1907, ferner *Euler, H.*, Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie. 3. Teil: Die chemischen Vorgänge im Pflanzenkörper. p. 158. Braunschweig 1909. Vieweg u. Sohn.

Dojarenko, A., Einiges über *Loew*'s Hypothese über die Rolle des Kalkes im Boden. Journ. für experiment. Landwirtsch. 1903. p. 183—187. Ref. Bot. Zentralbl. 1904. p. 470.

Emmerling, A., Beiträge zur Kenntnis der chemischen Vorgänge in der Pflanze. 2. Abt. Landw. Versuchsstat. Bd. XXX. 1884.

Godlewski, E., Zur Kenntnis der Ursachen der Formänderung etiolierter Pflanzen. Bot. Ztg. 1879. Sp. 81, 97, 113, 137.

Grafe, V. u. *L. von Portheim*, Untersuchungen über die Rolle des Kalkes in der Pflanze. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien. Math.-naturw. Kl. Bd. CXV. Abt. I. 1906.

Guffroy, Calcaire, calcimetrie et plantes calcicoles. Bull. Soc. bot. France. LVII. Série 4. X. p. 232—234. 1910. Ref. Bot. Zentralbl. 1911. Bd. 116. Nr. 10. p. 269.

Hager, Kulturversuche mit höheren Pflanzen über Aufnahme von Strontium, Barium und Magnesium. Leipzig 1909. Nach *Loew, O.*, Über die Wirkung von Strontiumsalzen auf Algen. Flora 1911. N. F. 2. Bd. I. H. p. 98/99.

Hilgard, E. W., Über den Einfluss des Kalkes als Bodenbestandteil auf die Entwickelungsweise der Pflanzen. *Wollny*'s Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. X. 1888.

Hoffmann, D., Über den Einfluss des Kalkmangels auf Keimlinge von Phaseolus vulgaris bei Verletzung der Wurzel. Österr. bot. Zeitschr. LX. 2. p. 61—64. 1910.

Hofmann, H., Über Kalk- und Salzpflanzen. Landwirtsch. Versuchsstationen. XIII. Bd. 1870.

Hori, S., Haben die höheren Pilze Kalke nötig? Flora 1910. N. F. I. Bd. 4. Heft. p. 447—448. Vergl. hierzu *Benecke*, Zeitschr. f. Bot. 1911. 3. Heft. p. 195 u. Bot. Zentralbl. 1911. Nr. 11. p. 291.

Jumelle, Recherches physiologiques sur le développement des plantes annueles. Rev. génér. de botanique 1889.

Katayama, T., On the Determination of the Available Amounts of Lime and Magnesia in the Soil. Bull. College of Agriculture Tokyo 1904. Vol. VI. Nr. 2. Ref. Bot. Zentralbl. 1904. Bd. 96. p. 667.

König, J., Die Landwirtschaftliche Versuchsstation in Münster i. W. Denkschrift. Münster 1896. p. 191 ff.

Kraus, Gregor, Über den Bau trockener Pericarpien. Pringsh. Jahrb. Bd. V. 1866.

— Über den Siebröhreninhalt von Cucurbita. Sitzungsber. d. Naturf. Gesellsch. Halle 1884.

— Über den Stoffwechsel bei den Crassulaceen. Abh. d. Naturf. Gesellsch. zu Halle 1886, Bd. 16. p. 6.

— Über das Verhalten des Calciumoxalates beim Wachstum der Organe. Flora 1897. Bd. 83. p. 58.

— Boden und Klima auf kleinstem Raum. Versuch einer exakten Bestimmung des Standorts auf dem Wellenkalk. Jena 1911. G. Fischer.

Lavison, J. de Rufz, Du mode de pénétration de quelques sels dans la plante vivante. Rôle de l'endoderme. Rev. gén. Bot. XXII. 258. p. 225—251.

— Essai sur une théorie de la nutrition minérale de plantes vasculaires, basée sur la stucture de la racine. Rev. gen. Bot. XXIII. 269. p. 177—211.

Lemmermann, O., O. Foerster, A. Einecke, Untersuchungen über das Kalkbedürfnis der Ackerböden auf Grund von Bodenuntersuchungen und Vegetationsversuchen. Mitt. d. agrik.-chem. Versuchsstat. Berlin. Landw. Jahr. 1911. XL. Bd. Heft 1/2.

Liebenberg, A. v., Untersuchungen über die Rolle des Kalkes bei der Keimung von Samen. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. Math.-naturw. Kl. Bd. LXXXIV. I. Abt. Okt. 1881.

Löhnis, F., Handbuch der landwirtschaftlichen Bakteriologie. p. 749—756. Berlin 1910. Gebr. Borntraeger.

Loew, O., Ist man berechtigt bei Bodenanalysen die Magnesiabestimmung ausser acht zu lassen? Chemiker-Ztg. 1909. Nr. 14. p. 118/119.

— Über die physiologische Rolle der Calciumsalze. Münchener mediz. Wochenschrift 1L. 1910.

— Biolog. Zentralbl. XI 277.

— Ein natürliches System der Giftwirkungen. München 1893. Wolff u. Lüneburg.

— Unter welchen Bedingungen wirken Magnesiumsalze schädlich auf Pflanzen? Flora 1903. 92. Bd. p. 489—494.

— Physiological role of mineral nutrients in plants. Washington Bull. U. S. Dept. Agric. 1903. 8°. 70 pp.

— Über die Rolle des Kalkes im Boden. Journ. exper. Landw. Bd. II. p. 193 bis 196. 1904.

— Notiz betreff der Giftwirkung von Magnesiasalzen auf Pflanzen. Landw. Jahrb. XXIII. p. 163. 1904.

— u. *S. Honda*, Über den Einfluss des Mangans auf Waldbäume. Bull. Coll. Agric. Tokyo. Vol. 6. p. 125—130. Weitere Arbeiten *Loew*'s u. s. Mitarbeiter sind bei *Czapek*, Biochemie der Pflanzen, und *Richter, O.*, Ernährung der Algen, zitiert.

Mayer, Adolf, Lehrbuch der Agrikulturchemie. I. B. Die Ernährung der grünen Gewächse. 6. Aufl. p. 290—295. Heidelberg 1905. C. Winter, und hier zitierte Literatur.

Meigen, W., Beiträge zur Kenntnis des kohlensauren Kalkes. Habilitationsschrift. Freiburg 1902.

Micth, H., Ist der Kalk des kieselsauren Kalkes zur Ernährung der Pflanzen geeignet? Landw. Versuchsstat. 1910. LXXIV. p. 81.

Molisch, H., Über einige Beziehungen zwischen anorganischen Stickstoffsalzen. und der Pflanze. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. Bd. 95. 1887.

Monteverde, J., Über Ablagerung von Calcium- und Magnesiumoxalat in der Pflanze. Petersburg 1889.

Naegeli, C., Die Ernährung der niederen Pilze durch Mineralstoffe. Sitzgsber. d. k. bayr. Ak. d. Wiss. in München. Math.-phys. Kl. Juli 1879.

Nathanson, A., Über die Regulation der Aufnahme anorganischer Salze durch die Knollen von Dahlia. Jahrb. Wiss. Bot. 1903, p. 607—645.

Niklewski, B., Über den Austritt von Calcium- und Magnesium-Ionen aus der Pflanzenzelle. Ber. d. deutschen bot. Gesellsch. XXVII. 1909, p. 224—228.

Palladin, W., Aschengehalt der etiolierten Blätter. Ber. d. deutschen bot. Gesellsch. 1892, Bd. X. p 179 und dort angegebene Literatur.

Pantanelli, E. e M. Scila, Assorbimento elettivo di ioni nelle radici. Rendic. Acc. Lincei 5 XVIII. II. Sem. p. 481—488, 1909. Ref. Bot. Centralbl, 1910, Bd. 114, Nr. 2, p. 27.

Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie, I. Bd. Stoffwechsel. 2. Aufl. Leipzig 1897. W. Engelmann.

Portheim, L. v., Über die Notwendigkeit des Kalkes für Keimlinge, insbesondere bei höherer Temperatur. Sitzgsber. der Kais. Akad. der Wiss. in Wien. Bd. CX. I. Abt. April 1901. p. 38—43.

Portheim, L. v. u. M. Samec, Orientierende Untersuchungen über Atmung gesunder und infolge Kalkmangel erkrankter Keimlinge von Phaseolus vulgaris, und dort zitierte Literatur. Aus: Wiesner, Festschrift. Wien 1908. C. Konegen.

Prianischnikow, D., Resultate einiger Kalkdüngungsversuche. Journ. f. experimentelle Landwirtsch. Bd. 3, 1903. p. 257—269. Russisch mit deutschem Résumé.

Prianischnikow D. und J. Schulow, Über synthetische Asparaginbildung in den Pflanzen. Ber. d. deutschen bot. Gesellsch. XXVIII. 1910, p. 253—264. Ref. Bot. Centralbl. 1911. Bd. 116. Nr. 8. p. 204.

Puglisi, M. e E. Boselli, Influenza di alcuni sali minerali su lo sviluppo e sul modo di propagazione di Funaria hygrometrica. Ann. Bot. IX. p. 157—162, 1911. Ref. Bot. Centralbl. 1911. Bd. 117. Nr. 17. p. 441.

Ramann, E., Bodenkunde. 3. Aufl. Berlin 1911.

— Die zeitlich verschiedene Nährstoffaufnahme der Waldbäume und ihre Bedeutung für Düngung und Waldbau. Ztschr. Forst- und Jagdw. 1911. XLIII. 10. p. 747.

Richter, O., Untersuchungen über das Magnesium in seinen Beziehungen zur Pflanze. I. Teil. Wiener Akad. Ber. math. naturw. Kl. 111. April 1902. (2. Teil noch nicht erschienen.) Im Literaturverzeichnis von Richter, O. Ernährung der Algen, Leipzig 1911. W. Klinkhardt, sind weitere einschlägige Arbeiten verzeichnet.

Rosenberg, A., Über die Rolle der Katalase in den Pflanzen. Ber. deutsch. bot. Gesellsch. XXVIII. p. 280—288. 1910.

Rosenthaler, L., Grundzüge der chemischen Pflanzenuntersuchung. Berlin 1904. 124 pp.

Roux, I.-A. Cl., Végétation défectueuse et chlorose des plantes silicicoles en sols calcaires. Ann. de la Soc. Linnéenne de Lyon. T. XLVI. 1899.

— Traité historique, critique et expérimental des Rapports des Plantes avec le sol et de la chlorose végétale. Montpellier, Coulet et fils; Paris, Masson et Cie. 1900 und dort zitierte Literatur.

Ruhland, W., Zur Frage der Ionenpermeabilität. Zeitschr. f. Botanik 1909. I. Jhrg. p. 747—762, dort auch weitere Literaturangaben.

Schimper, A. F. W., Über die Kalkoxalatbildung in den Laubblättern. Bot. Ztg. 188. p. 65 ff. Siehe auch die Literaturauswahl bei Schimper, A. F. W. Pflanzengeographie, Jena 1898. p. 127—130.

Schtscherback, I., Über die Salzausscheidungen durch die Blätter von Statice Gmelini. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1910. XXVII. p. 30—34.

Schulze, E. und N. Castoro, Findet man in Pflanzensamen und in Keimpflanzen anorganische Phosphate? Hoppe-Seyler's Zeitschr. f. physol. Chemie XLI. p. 477—484.

Seissl, J., Die Aschenbestandteile des Kartoffellaubes zu verschiedenen Wachstumszeiten und unter verschiedenen Düngungsverhältnissen. Zeitschr. f. Landw. Versuchsw. Österreich 1903. VI. H. 5. p. 537—554. Ref. Bot. Centralbl. 1904. II. Halbj. p. 87—88.

Sorauer, P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Erster Band: Die nicht parasitären Krankheiten. III. Aufl. Berlin 1909. P. Parey.

Tunmann, O., Über die Bildung des Harzes, den mikrochemischen Nachweis der Harzsäuren und über die Kristalle in Polyporus officinalis Fries. Schweiz. Wochenschr. Chem. u. Pharm. 1909. p. 157—164. Ref Bot. Centralbl. 1910. Bd. 113. Nr. 16. p. 155.

Ulbricht, R., Vegetationsversuche über den Einfluss der Kalkung und Mergelung auf die Erträge von Serradella Landw. Versuchsst. Bd. 59. Heft 5/6. 1904. p. 425—432.

Unger, W., Beiträge zur Physiologie des Calciumoxalates. Verh. d. Phys.-Med. Gesellsch. Würzburg. N. F. Bd. XLI. p. 191—214. Vergl. auch die dort zusammengestellte Literatur. p. 213/214..

Vogel, Über den Einfluss von kohlensaurem Kalk auf die Umwandlung von Ammoniakstickstoff und Nitratstickstoff. Mitt. Kaiser-Wilhelms-Instituts Landwirtschaft. Bromberg III. p. 330. 1911. Ref. Bot. Centralbl. 1911. Bd. 117. Nr. 22. p. 575.

Warthiadi, D., Veränderungen der Pflanze unter dem Einfluss von Kalk und Magnesia. Diss. München 1911. F. Gais.

Wehmer, C., Zur Frage nach dem Wert der einzelnen Mineralsalze für Pilze. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1895. Heft 6. Vergl. hierzu auch Benecke W. Bot. Ztg. 1896. II. Abt. p. 9.

— Die Pflanzenstoffe, bot.-systemat. bearbeitet. Chem. Bestandteile und Zusammensetzung der einzelnen Pflanzenarten, Rohstoffe und Produkte. Jena 1911. G. Fischer.

Wiesner, J., Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. 2. Aufl. Leipzig 1903. W. Engelmann.

Winterstein, E. und L. Stegmann, Über einen eigenartigen phosphorhaltigen Bestandteil der Blätter von Ricinus. Ztschr. f. physiol. Chemie 1909. LVIII. p. 527.

Zaleski, W. und A. Reinhard, Die Wirkung der Mineralsalze auf die Atmung keimender Samen. Biochem. Zeitschr. 1909. XXIII. 3/4. p. 193—214.

Zaleski, W. und W. Israilsky, Über die Wirkung der Mineralsalze auf den Eiweissumsatz in den Pflanzen. Biochem. Zeitschr. 1910. XXIV. 1./2. p. 14—21.

Zaleski, W. und A. Reinhard, Zur Frage der Wirkung der Salze auf die Atmung der Pflanzen und auf die Atmungsenzyme. Biochem. Zeitschr. 1910. XXVIII. 5./6. p. 450—473.

Zacharias, E., Über den Inhalt der Siebröhren von Cucurbita Pepo. Bot. Ztg. 1884. 42. Jhrg. Sp. 65—73.

De Bary, A., Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig 1877. W. Engelmann.

Jost, L., Beobachtungen über den zeitlichen Verlauf des sekundären Dickenwachstums der Bäume. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1892. Bd. X. H. 10. p. 598, 602—604.

Kraus, G., Über Alter und Wachtumsverhältnisse ostgrönländischer Holzgewächse. Bot. Ztg. 1873. 31. Jhrg. Sp. 513.

— Über Dickenwachstum der Palmenstämme in den Tropen. Ann. Jard. bot. Buitenzorg. 1899 und 1911.

Krüger, Fr., Über die Wandverdickungen der Cambiumzellen. Bot. Ztg. 1892. p. 633 ff.

Kühns, R., Die Verdoppelung des Jahresringes durch künstliche Entlaubung. Bibl. bot. LXX. 1910. 53 pp.

Mer, E., Sur les causes de variation de la densité des bois. Bull. de la Soc. bot. de France. 1892. T. XXXIX.

Mohl, H. v., Beitrag zur Lehre vom Dickenwachstum des Stammes der dikotylen Bäume. Bot. Ztg. 1869. Sp. 1—15.

Nordhausen, M., Zur Kenntnis der Wachstumsvorgänge im Verdickungsringe der Dikotlyen. Beiträge zur wiss. Bot. von M. Fünfstück. II. Bd. Stuttgart 1898.

Nördlinger, Der Holzring als Grundlage des Baumkörpers. Stuttgart 1871. J. G. Cotta.

Lebenslauf.

Ich, *Franz Wilhelm Sieber*, Sohn des Kaufmannes *Peter Joseph Sieber* und seiner Ehefrau *Angelika*, geb. *Weiler*, katholischer Konfession, wurde geboren am 2. Oktober 1880 zu Bonn a. Rhein. Nachdem ich in Trier die Elementarschule und das Kgl. Kaiser-Wilhelms-Gymnasium besucht hatte, widmete ich mich der pharmazeutischen Laufbahn. Nach Absolvierung der vorgeschriebenen Lehr- und Konditionsjahre wurde ich im Sommersemester 1905 an der Grossherzogl. Technischen Hochschule Fridericiana zu Karlsruhe als Studierender der chemischen Abteilung immatrikuliert. In Fortsetzung meiner Studien erfolgte im Sommersemester 1906 meine Immatrikulation an der Kgl. Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg. Im Juni 1907 bestand ich die pharmazeutische Staatsprüfung mit dem Prädikate „sehr gut". Hierauf wandte ich mich dem Studium der Naturwissenschaften, im Speziellen der Chemie, Nahrungsmittelchemie, Botanik und Zoologie zu. Im Wintersemester 1908 legte ich das Verbandsexamen in anorganischer und organischer Chemie ab. Am 2. November 1909 bestand ich das Promotionsvorexamen in Botanik und im Mai 1910 die Hauptprüfung für Nahrungsmittelchemiker mit den Prädikaten „sehr gut".

Vom 1. Oktober 1907 bis zum 1. Oktober 1909 war ich Assistent des Herrn Prof. Dr. *Ludwig Medicus* am pharmazeutischen Institut und Laboratorium für angewandte Chemie. Seit Beginn des Wintersemesters 1910 bekleide ich das Amt des Assistenten am botanischen Institut. Meine Dissertation arbeitete ich unter Herrn Geheimen Hofrat Prof. Dr. *Gregor Kraus*.

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen bezw. Laboratorien der Herren Professoren und Dozenten und zwar:

In Karlsruhe: *Dieckhoff*, *Engler*, *Klein*, *Lehmann*.

In Würzburg: *Boveri*, *Bulle*, *Jolly*, *Kaerst*, *Kiefl*, *Knapp*, *Kraus*, *Lüdke*, *Manchot*, *Medicus*, *Merkle*, *Peters*, *Stumpf*, *Tafel*, *Vossler*, *Wien*, *Zarnick*.

Allen diesen meinen hochverehrten Lehrern bin ich für die Leitung meiner Studien zu grossem Dank verpflichtet.

Die mündliche Prüfung fand am 6. März 1912 statt.